KLOCKI ELEKTRONICZNE

1/96

3 zł 90 gr (39 000 zł)

styczeń 1996

ELEKTRONIKA dla wszystkich

▲ Zamek szyfrowy

Alarm termiczny

EASYTRAX

Aplikacje wzmacniaczy operacyjnych

▲ Wykrywacz metali

LISTA PRZEBOJÓW AVT

ELEKTRONIKA 2000

nowa seria kitów AVT

INDEKS 333 62X ISSN 1425-1698

Zamek szyfrowy

KIT AVT 144

Zamki elektroniczne były opisywane wielokrotnie w różnych pismach elektronicznych. Jednak ta konstrukcja zainteresuje zapewne wielu Czytelników. Układ ten ma kilka cech odróżniających go od innych rozwiązań. Przede wszystkim nie posiada on żadnej klawiatury ani żadnych otworów do wkładania czegokolwiek. Jedynym elementem dostępnym z zewnątrz chronionego pomieszczenia jest pojedynczy przycisk.

Właściwości

- prostota obsługi
- niezawodność działania

Zastosowanie

- zamek do drzwi wejściowych mieszkania, domu czy firmy
- zamek do kas pancernych
- sterowanie centralami alarmowymi i wszelkimi urządzeniami elektronicznymi lub elektrycznymi

W wersji podstawowej kod otwierający zamek jest liczbą sześciocyfrową. Odgadnięcie takiej liczby jest praktycznie niemożliwe. Jeżeli jednak komuś zależałoby na jeszcze lepszym zabezpieczeniu swojego mienia to bez większych problemów może układ rozbudować, stosując kod praktycznie dowolnej długości. Ewentualna zmiana kodu jest czynnością bardzo prostą, sprowadzającą się do przykręcenia sześciu przewodów do sześciu z dziesięciu złącz typu ARK.

Obsługa zamka jest trywialnie prosta. Po naciśnięciu przycisku na wyświetlaczu zaczynają kolejno ukazywać się cyfry od 0 do 9. Kiedy wyświetla się kolejna cyfra kodu naciskamy przycisk. I tak postępujemy sześć razy. Jeżeli wybraliśmy prawidłową liczbę to serwomechanizm odsuwa rygiel zamka i pozostawia go w tym stanie przez czas równy dwóm, czterem lub ośmiu cyklom wyświetlania cyfr (ustawiane jumperem na płytce). Wychodząc z domu nie musimy oczywiście wybierać kodu. Naciśnięcie pojedynczego przycisku otwiera drzwi na czas ok. 20 sek., umożliwiający spokojne opuszczenie pomieszczenia. Po tym czasie rygiel zasuwa się automatycznie. Tak więc nigdy nie może dojść do sytuacji kiedy zapomnimy zamknąć drzwi do mieszkania.

Pra-prototyp tego urządzenia powstał ok. 5 lat temu i wykonany był jeszcze w technologii TTL. Bez najmniejszych awarii pracuje on do tej pory w mieszkaniu autora. Kolejne wersje rozwojowe tego zamka, już w technologii CMOS, wykonane były w kilkudziesięciu egzemplarzach i w żadnym wypadku nie stwierdzono poważniejszej awarii. Jedyną, troszkę straszną, troszkę śmieszną przygodą z zamkiem była sytuacja, kiedy to jego użytkownik zapomniał zmienionego wcześniej szyfru. Niestety, nawet autor nie zna metody otwarcia tego zamka bez znajomości kodu, a ponieważ nieszczęśnik ten mieszkał na 11-ym piętrze przygoda ta zakończyła się interwencją znajomej alpinistki.

Podstawowe zastosowania zamka - wyłącznika szyfrowego:

1. Zamek do drzwi wejściowych mieszkania, domu czy firmy.

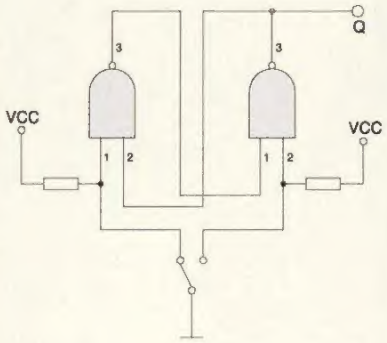
2. Układ ten znalazł wielokrotnie zastosowanie nie tylko do zamykania drzwi ale jako zamek do kas pancernych. Interesującym rozwiązaniem było umieszczenie w sejfie tylko serwomechanizmu napędzającego rygle zamka. Natomiast część elektroniczna zlokalizowana została w innym pomieszczeniu (w konkretnym wypadku sejf znajdował się w sypialni na piętrze a elektronika w małej, wmurowanej w ścianę kasetce, w piwnicy domu) i połączona z sejfem wmurowanym w ścianę przewodem. W takim wypadku ewentualny intruz napotykał na gładką, bez najmniejszej szczeliny ścianę sejfu. Nawet odnalezienie ukrytego sterownika i przypadkowe, niesłychanie mało prawdopodobne, prawidłowe wybranie kodu nic by mu nie dało, ponieważ zanim dotarłby do sejfu rygle zasunęłyby się powtórnie (w tym rozwiązaniu do otwarcia kasy potrzebne były dwie osoby!).

3. Układ może być także zastosowany do sterowania centralami alarmowymi i wszelkimi urządzeniami elektronicznymi czy elektrycznymi.

Jak widać na zamieszczonym schemacie **(rys.3)**, układ nie jest nadmiernie skomplikowany. Niemniej zmontowanie urządzenia zawierającego 12 układów scalonych i garść elementów dyskretnych wymaga pewnej uwagi i staranności. Sprawą, do której zawsze przywiązujemy dużą wagę jest dostępność i cena elementów. W tym przypadku wszystkie zastosowane części są bardzo tanie i możliwe do kupienia w każdym sklepie z elementami elektronicznymi.

OPIS DZIAŁANIA UKŁADU

Jako punkt wyjściowy do analizy układu przyjmujemy stan spoczynkowy. Wszystkie przerzutniki są w tym momencie wyzerowane a wyświetlacz wygaszony. Przycisk P1 steruje "home made" transoptorem zbudowanym z diody LED D14 i fotorezystora R8. Czemu

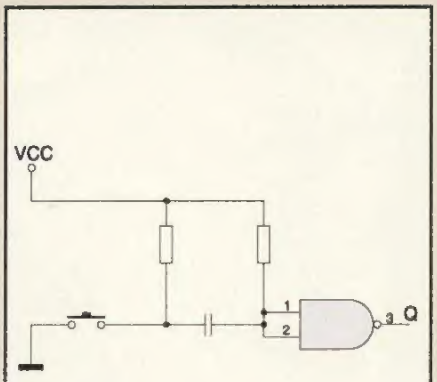


Rys. 1: Przerzutnik R-S jako przełącznik

ma służyć takie skomplikowane rozwiązanie? Ano cóż, walczymy z odwiecznym problemem drgań styków mechanicznych. Oczywiście, sprawę tę można załatwić prościej, na przykład stosując powszechnie znany układ z przerzutnikiem R-S **(Rys. 1)**. Jednak w takim przypadku "przywiązalibyśmy się" do przełącznika monostabilnego, np. typu MICROSWITCH. Zmniejszyłoby to swobodę projektowania części mechanicznej zamka. Stosowane jest też inne rozwiązanie likwidowania skutków drgania styków **(Rys.2)**. Stosując je mamy wprawdzie możliwość użycia włącznika dowolnego typu, ale praktyka wykazała, że nawet przy starannym dobraniu rezystancji i pojemności układ taki niekiedy zawodzi, co w przypadku np. zamka do sejfu jest nie do przyjęcia. W tej sytuacji zdecydowano się zastosować układ z fotorezystorem - w miarę prosty i całkowicie niezawodny. Wykorzystujemy tu dużą bezwładność fotooporника, który po prostu nie jest w stanie przenieść krótkich impulsów spowodowanych drganiem styków.

Naciśnięcie przycisku P1 powoduje zapalenie się diody D14 i fotorezystor R8 znacznie zmniejsza swoją oporność. Na wyjściu bramki z histerezą U12B powstaje stan niski a bramka U12C generuje krótki impuls dodatni. W tym momencie zachodzą następujące zjawiska:

- Włącza się przerzutnik R-S zbudowany z bramek U3C i U3D. Pojawienie się stanu niskiego na wyjściu U3D 11 i wysokiego na

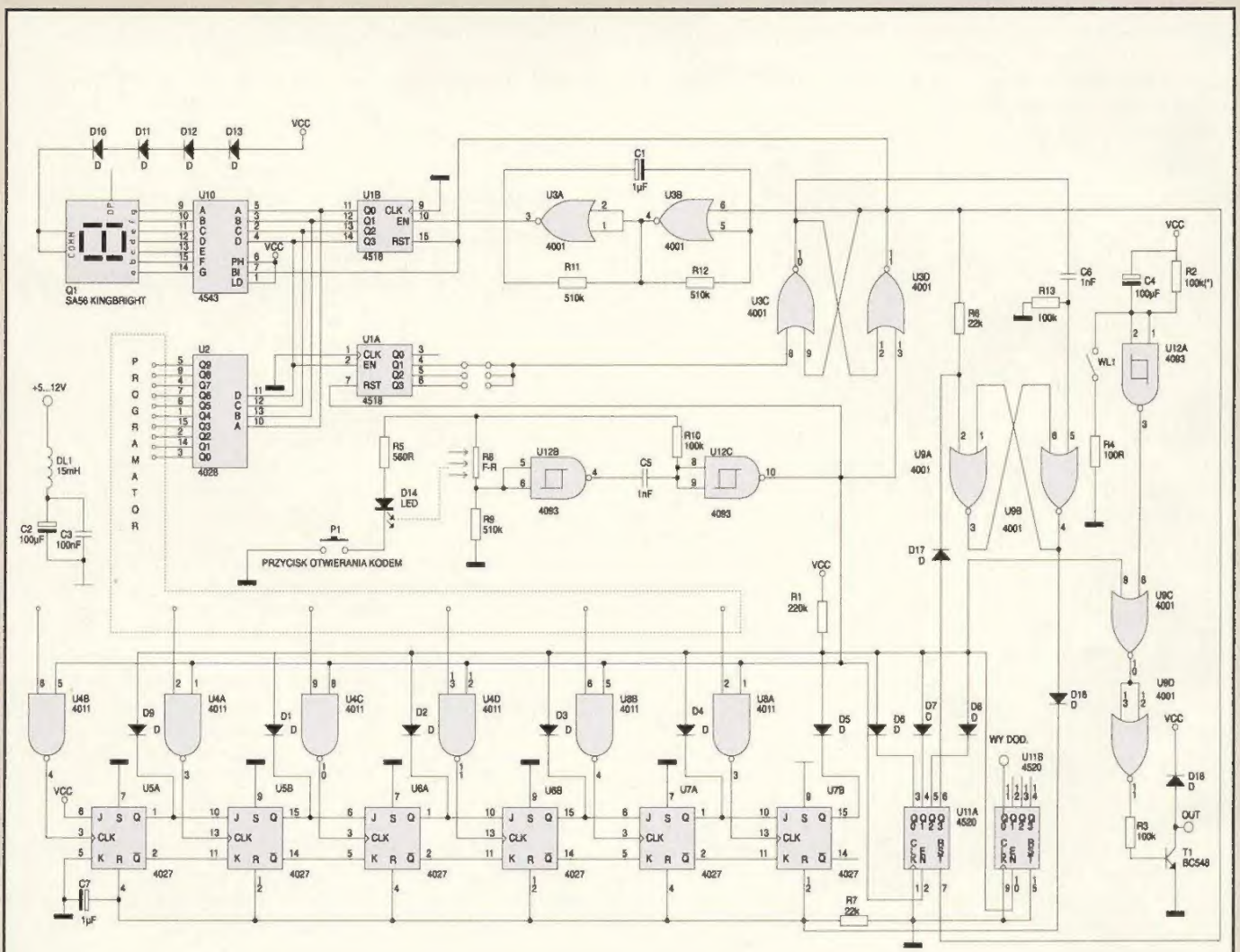


Rys. 2: Układ przełącznika odpornego na drgania styków

wyjściu U3C 10 powoduje:

- "0" na wejściu U3B 5, co umożliwia rozpoczęcie pracy przez generator zbudowany z bramek U3A i U3B.

- wyzerowany uprzednio licznik BCD - U1B rozpoczyna zliczanie impulsów tworzonych przez ten generator.



Rys. 3: Schemat elektryczny zamka szyfrowego

- stan niski na wejściu 7 dekodera U10 powoduje zapalenie się wyświetlacza. - wyzerowany uprzednio licznik U11A zostaje przygotowany do zliczania impulsów wejściowych.

- przekazany przez kondensator C6 dodatni impuls z wyjścia 10 U3C włącza kolejny przerzutnik R-S, zrealizowany na bramkach U9A i U9B. Stan "0" z wyjścia 4 U9B zostaje z opóźnieniem wnoszonym przez kondensator C7 przekazany na wejścia zerujące szeregu przerzutników J-K (U5 - U7). Wprowadzenie opóźnienia powoduje, że nawet gdyby pierwszą cyfrą kodu było 0 to przerzutnik U5A nie włączy się.

Od tego momentu układ jest przygotowany do wprowadzenia kodu, na wyświetlaczu pojawiają się kolejne cyfry a, na odpowiadających im wyjściach dekodera U2 pojawia się stan "1".

Rozważmy teraz następujące sytuacje:

1. Prawidłowe wybranie kodu.

W momencie, kiedy na wyświetlaczu ukazała się pierwsza cyfra ustawionego kodu, naciskamy przycisk. Dodatni impuls z wyjścia 10 U12C zostaje przekazany na wejścia bramek U4 - U5, w tym także na wejście 1 U4A. Drugie wejście tej bramki połączone jest poprzez programator z odpowiadającym aktualnie wyświetlanej cyfrze wyjściem dekodera U2. Tak więc na wejściach bramki U4A mamy przez chwilę stany "1". Uzyskany na wyjściu 3 U4A impuls jest doprowadzony do wejścia zegarowego przerzutnika J-K U5A. Przerzutnik ten zostaje włączony. "1" z jego wyjścia Q i "0" z wyjścia Q zostają podane na wejścia J i K kolejnego przerzutnika - U5B, przygotowując go do przyjęcia impulsu zegarowego. Kiedy wyświetla się następna cyfra kodu, ponownie naciskamy przycisk. Tym razem uzyskujemy impuls na wyjściu 4 bramki U4B, włączenie przerzutnika U5B i przygotowanie przerzutnika U6A. Kolejne wybranie prawidłowych cyfr kodu zmienia stany kolejnych przerzutników i po wprowadzeniu wszystkich cyfr uzyskujemy stany "1" na wszystkich ich wyjściach Q.

Od momentu "obudzenia" układu licznik U11A zlicza kolejne impulsy, generowane przez U12C. Tak więc, po pierwszym, uruchamiającym układ naciśnięciu przycisku i po wybraniu wszystkich cyfr na wyjściach tego licznika mamy stan 0111(BIN). Żadna z diod połączonych z jego wyjściami Q0, Q1 i Q3 ani też diody dołączone do wyjść Q szeregu przerzutników nie zwierają już wejścia 9 U9C do masy. Stan "1" na tym wejściu wymusza "0" na wyjściu 10 U9C i stan "1" na wyjściu bramki U9D. Tranzystor T1 zaczyna przewodzić, i przekaźnik (nie pokazany na tym schemacie) uruchamia serwomechanizm otwierający rygiel zamka.

Licznik U1B zlicza kolejne cykle wyświetlania cyfr a każde naciśnięcie przycisku zeruje go. Po wybraniu wszystkich cyfr licznik ten przestaje być zerowany i w zależności od ustawienia jumpera J1 po 2, 4, lub 8 cyklach stan "1" z wybranego wyjścia tego licznika, doprowadzony do wejścia 8 U3C, zeruje przerzutnik R-S U3C, U3D. Wyświetlacz zostaje wyłączony, generator zatrzymany. Przerzutnik U9A, U9B także zostaje wyłączony, U5A - U7B wyzerowane i układ powraca do stanu spoczynkowego. Tranzystor T1 przestaje przewodzić i serwomechanizm zamyka drzwi.

2. Nieprawidłowe wybranie kodu. Przeanalizujmy następujące przypadki:

- Przycisk został przypadkowo naciśnięty (np. przez kogoś, kogo zainteresowało dziwne urządzenie zamontowane na drzwiach) i nie zostały potem wprowadzone żadne cyfry. W takim przypadku układ pozostaje włączony przez 1, 2 , 4 lub 8 cykli wyświetlania i powraca do stanu czuwania.

- Została wprowadzona cyfra nie występująca w kodzie. Nie dzieje się nic specjalnego, ale fakt naciśnięcia przycisku został zarejestrowany przez licznik U11A. Nawet jeżeli pozostałe cyfry zostaną podane prawidłowo, to zamek nie otworzy się, ponieważ przekroczymy dopuszczalną ilość wprowadzonych cyfr. Licznik U11A osiągnie stan 1000(BIN) i stan "1" z wyjścia Q3 tego licznika wyłączy przerzutnik R-S U9A U9B, co spowoduje natychmiastowe wyzerowanie ew. włączonych przerzutników J-K. Dalsze naciskanie przycisku spowoduje jedynie odwlekanie momentu przejścia układu w stan czuwania i możliwości jego ponownego włączenia.

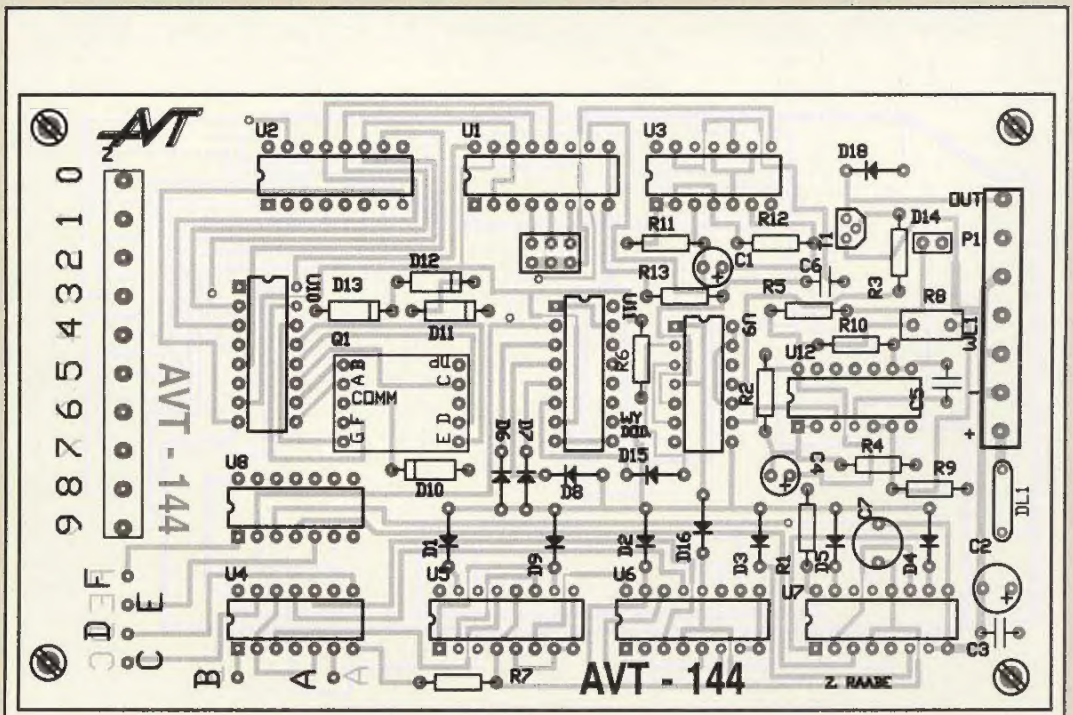
- Została wprowadzona cyfra występująca w szyfrze, lecz w złej kolejności. Odpowiadający tej cyfrze przerzutnik J-K nie włączy się, ponieważ poprzedzający go przerzutnik także nie jest włączony. I w takim przypadku nie mamy już żadnej szansy na otwarcie zamka, ponieważ nawet podając prawidłowe cyfry, przekroczymy ich dopuszczalną ilość.

Podsumowując: zamek możemy otworzyć wtedy i tylko wtedy kiedy wprowadzimy właściwą ilość właściwych cyfr we właściwej kolejności. Ponieważ ilość możliwych liczb 6-o cyfrowych jest bardzo wielka, możemy przyjąć że opisane urządzenie w pełni zabezpiecza nasze mienie.

Otwieranie od wewnątrz drzwi własnego mieszkania przy pomocy szyfru nie miałoby najmniejszego sensu. Temu celowi służy układ zrealizowany na bramce z histerezą - U12A, rezystorze R2 i kondensatorze C4. Włączenie WL1 spowoduje rozładowanie kondensatora i w konsekwencji pojawienie się stanu wysokiego na wyjściu bramki U12A. Stan ten podany na jedno z wejść U9C spowoduje przewodzenie tranzystora T1 i w konsekwencji otwarcie zamka.

MONTAŻ I URUCHOMIENIE

Zmontowany ze sprawdzonych elementów układ nie wymaga uruchamiania a tylko drobnych czynności regulacyjnych. Pamiętajmy jednak, że zamek do drzwi wejściowych czy sejfu musi cechować absolutna niezawodność. Spędzenie nocy na słomiance przed własnym mieszkaniem z powodu awarii zamka z pewnością nie należy do przyjemności. Dlatego też stanowczo odradzam stosowanie układów scalonych firmy "Krzak" a jedynie układy renomowanych producentów zakupione w solidnej firmie (przypominamy o możliwości zakupu kompletu



Rys. 4: Rozmieszczenie elementów na płytce drukowanej

markowych elementów z płytką drukowaną w postaci kitu AVT - 144 oferowanego w sieci handlowej AVT - zamówienie na wkładce kartonowej).

Rozmieszczenie elementów na płytce drukowanej przedstawiono na **rysunku 4**. Jest to, oczywiście, płytka dwustronna z metalizacją.

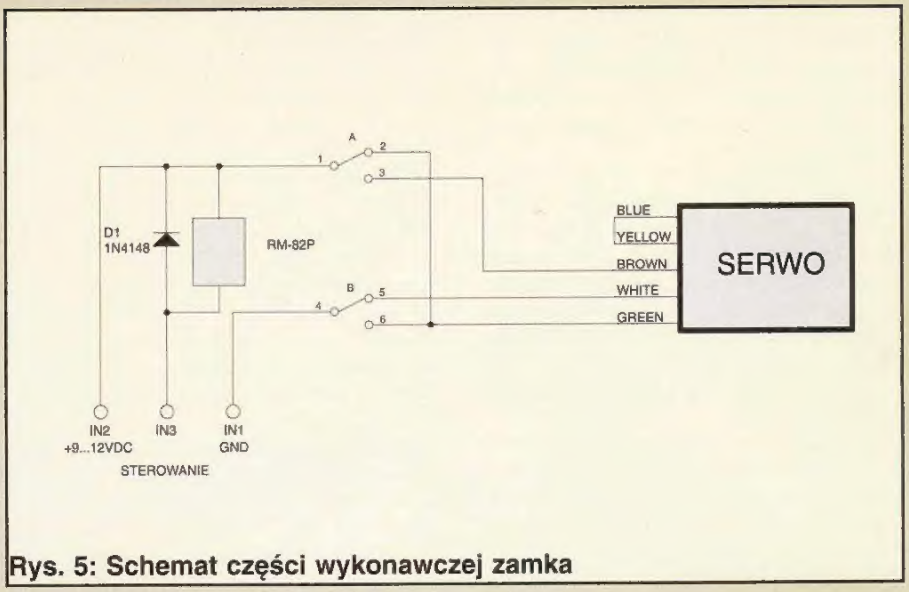
Odrobiny pomysłowości wymaga montaż diody LED i fotorezystora R8. Elementy te musza być umieszczone jak najbliżej siebie i osłonięte przed światłem. W egzemplarzu modelowym przednia część diody została oszlifowana na płasko i przyklejona klejem Super Glue do powierzchni fotorezystora. Całość została następnie grubo pomalowana czarną farbą nitro.

Po zmontowaniu płytki ustawiamy na programatorze jakąś liczbę, najlepiej składającą się z kolejnych cyfr (np. 1, 3 ,5, 7, 9, 0), co z oczywistych powodów skraca czas testowania układu. Po włączeniu zasilania układ "obudzi się" w trudnym do przewidzenia stanie. Najprawdopodobniej będzie to stan aktywny i będzie trzeba chwilę poczekać, aż wyświetlacz wyłączy się. Następnie naciskamy przycisk i wprowadzamy ustawiony kod. Jeżeli po siódmym naciśnięciu przycisku na wyjściu 11 U9D pojawi się stan wysoki, to urządzenie możemy uznać za sprawne. W przeciwnym wypadku mozolnie szukamy błędu w montażu.

Pozostały nam jeszcze drobne czynności regulacyjne. Częstotliwość pracy generatora, a tym samym szybkość wyświetlania cyfr zależy od pojemności C1 i rezystancji R14, R13. Zmieniając wartości tych elementów możemy dostosować szybkość wyświetlania do naszego refleksu. Pamiętajmy przy tym o osobach starszych korzystających z zamka.

Następnie musimy zadecydować, ile cykli wyświetlania drzwi mają pozostawać otwarte i ustawiamy zworkę w jumperze J1 w odpowiednim położeniu. Pojemność C4 i rezystancja R2 decydują z kolei o czasie otwarcia zamka po naciśnięciu przycisku wewnątrz mieszkania. Zmieniając te wartości dostosowujemy ten czas do naszych potrzeb. Uwaga, WL1 może być zrealizowany jako włącznik bistabilny lub przycisk monostabilny. W pierwszym przypadku mamy możliwość zablokowania zamka w stanie otwarcia na dowolnie długi okres czasu.

A teraz najstraszniejsze: montaż na drzwiach. Tu można jedynie sugerować pewne sprawdzone w praktyce rozwiązania. Pomimo usilnych starań nie udało się znaleźć gotowej obudowy do zamka. W rozwiązaniu modelowym obudowa została wykonana w prosty sposób: zlutowano ją z kawałków laminatu. Proste, tanie i szybkie rozwiązanie! W obudowie został wycięty otwór umożliwiający obserwację wyświetlacza. W drzwiach zamontowano "judasz", w którym soczewkę rozpraszająca wymieniona została na skupiającą, a pod nim przycisk uruchamiania zamka. Jako rygla użyto najtańszej zasuwy do drzwi jaką udało się nabyć, z której usunięto całą mechanikę. Natomiast połączenie serwo z ryglem najlepiej wykonać przy pomocy kawałka sztywnego, stalowego drutu, np. szprychy motocyklowej.



Rys. 5: Schemat części wykonawczej zamka

Część wykonawcza układu

Prototyp zamka współpracował z serwomechanizmem firmy WEBRA stosowanym w modelach zdalnie sterowanych. Było to rozwiązanie idealne lecz, niestety bardzo kosztowne. W obecnej chwili serwomechanizm taki kosztuje ok. 100 zł, a ponadto trudno go kupić. Na szczęście w ofercie handlowej AVT znajdyją się siłowniki elektryczne służące do sterowania zamkami w samochodach. Siłownik taki można nabyć za stosunkowo niewielką kwotę 27 zł, a do naszych celów nadaje się on doskonale. Na **rysunku 5** przedstawiono schemat prostego układu sterowanego przez nasz zamek a sterującego silnikiem siłownika do zamków samochodowych. Ani sposób działania części wykonawczej ani jej montaż nie wymagają komentarza. Wspomnieć jedynie warto, że wprawdzie siłowniki takie przystosowane są fabrycznie do zasilania 12V, ale pracują doskonale już przy 6...7V.

Zasilanie układu

Układ zamka możemy zasilać dowolnym napięciem z przedziału 5...15V. Istotną sprawą może być zasilanie awaryjne. Wprawdzie zbieg okoliczności polegający na wyłączeniu prądu podczas naszego powrotu do domu jest mało prawdopodobny, ale lepiej byłoby wyposażyć nasz układ w zasilacz awaryjny lub też zasilać go cały czas z okresowo doładowywanego akumulatora (pamiętajmy, że urządzenie nie pobiera praktycznie prądu w stanie spoczynku!).

MOŻLIWE MODYFIKACJE

W układzie pozostała nam wolna połówka kostki U11. Wykorzystano ją jako przerzutnik zmieniający swój stan po każdorazowym wybraniu kodu. Z jego wyjścia Q0 możemy korzystać przy sterowaniu jakiegoś urządzenia włączanego i wyłączanego szyfrem, np. centrali alarmowej.

Zbigniew Raabe

WYKAZ ELEMENTÓW

1. Półprzewodniki

U1: 4518
U2: 4028
U3, U9: 4001
U4, U8: 4011
U5, U6, U7: 4027
U10: 4543
U11: 4520
U12: 4093
D1, D2, D3, D4, D5, D6, D7, D8, D9, ,D16, D17, D18 1N4148 lub odpowiednik
D10, D11, D12, D13: Dowolna dioda 1A
D14: dowolna dioda LED
T1: BC548 lub odpowiednik
Q1: wyświetlacz SA56 KINGBRIGHT lub odpowiednik

2. Kondensatory

C1, C7: 1uF/63V
C4, C2: 100uF/16V
C3: 100nF
C5, C6: 1nF
5 1DL1 15mH

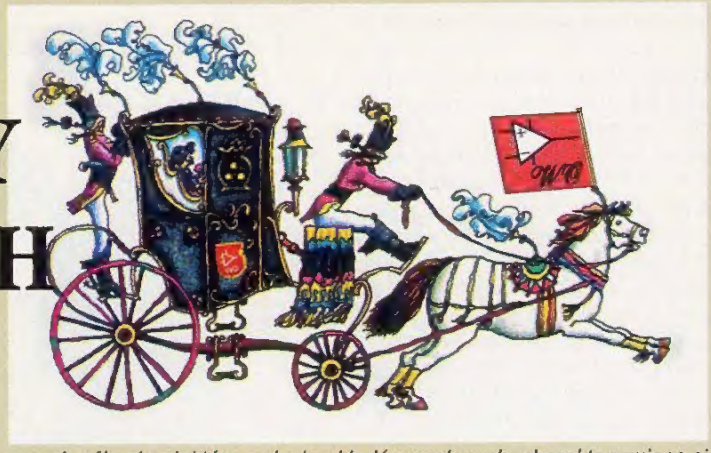
3. Rezystory

R1: 220k
R2: 100k(*)
R3, R10, R13: 100k
R4: 100R
R5: 560R
R6, R7: 22k
R8: fotorezystor o możliwie małych wymiarach
R9, R11, R12: 510k

4. Pozostałe

P1: przycisk wg opisu
WL1: włącznik wg opisu

APLIKACJE WZMACNIACZY OPERACYJNYCH część 1



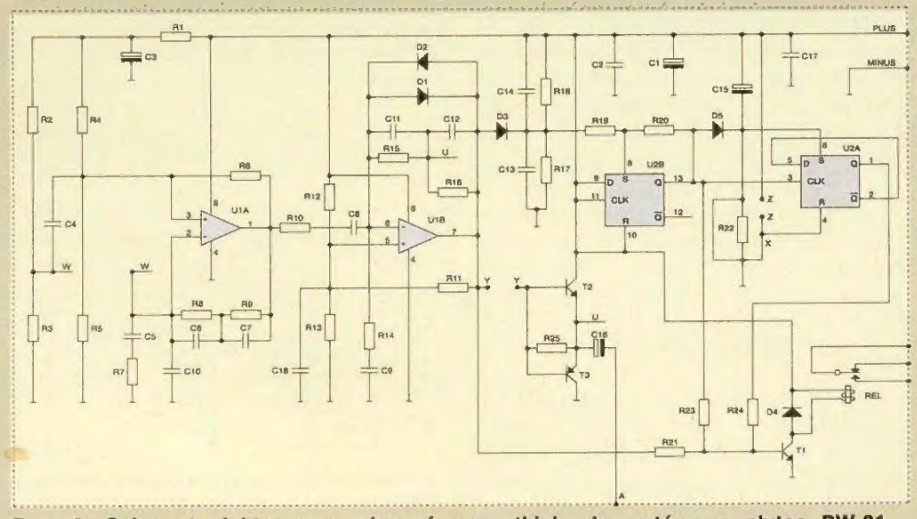
W elektronice istnieje pojęcie „koni pociągowych". Tym mianem określa się niektóre rodzaje układów scalonych, charakteryzujące się wielką różnorodnością aplikacji. Oczywistym przykładem może być jakiś wzmacniacz operacyjny ogólnego przeznaczenia, choćby „nieśmiertelny" µA741. Innym przykładem jest układ czasowy „555" - o jego aplikacjach napisano wiele książek monograficznych. Znajomość podstawowych aplikacji tych układów to elementarz elektroniki. Każdy elektronik powinien to „przerobić". Nie znamy lepszej metody nauki jak ćwiczenia praktyczne. W tej rubryce proponujemy wykonanie całego szeregu użytecznych urządzeń elektronicznych. które można zmontować na jednej wielofunkcyjnej płytce drukowanej. Zaczynamy od płytki PW-01, zaprojektowanej uniwersalnie do różnorodnych aplikacji wzmacniaczy operacyjnych. Na płytce PW-01 można zmontować kilkadziesiąt pożytecznych układów, np.: przełącznik sterowany pilotem TV, uniwersalny tester podzespołów, whisper - podsłuchiwacz szeptów, „mikrofon" podczerwieni, signal-tracer, przełącznik sterowany głosem, przełącznik zmierzchowy, wzmacniacz mikrofonowy, czujnik-regulator poziomu cieczy, migacz, syrenę alarmową, mikser audio, generator szumu, generator kwadraturowy, wzmacniacz megafonu, barierę IRED, regulator temperatury, wzmacniacz gramofonowy, generator funkcji i wiele innych.

W tym artykule przedstawiamy dwie pierwsze propozycje:

- przełącznik sterowany pilotem TV

- uniwersalny tester podzespołów.

Oczywiście, płytka PW-01, jak też układy scalone i inne elementy są dostępne w ofercie handlowej AVT.

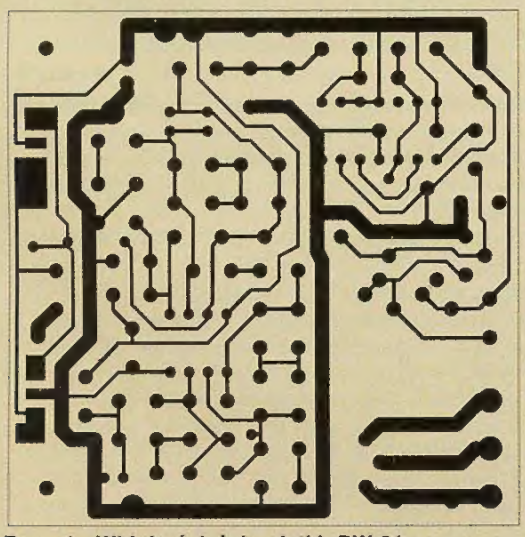


Rys. 3. Schemat elektryczny połączeń wszystkich elementów na płytce PW-01.

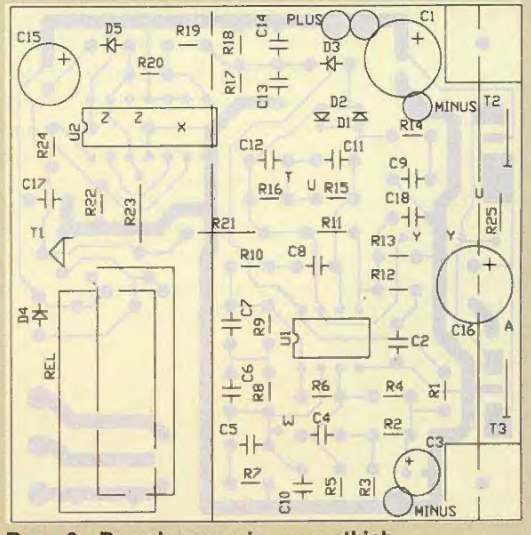
Na **rysunku 1** pokazano wygląd płytki, natomiast na **rysunku 2** układ połączeń wszystkich elementów, jakie można na niej zamontować, według schematu elektrycznego z **rys. 3**.

Oczywiście, montowanie wszystkich pokazanych elementów nie miałoby sensu - przy opisie poszczególnych urządzeń na schematach, rysunkach i fotografiach podamy szczegółowe wskazówki dotyczące budowanego układu i jego montażu. We wszystkich przedstawianych urządzeniach dla uniknięcia pomyłek pozostaniemy przy numeracji elementów podanej na rysunkach 1 i 2.

Jak widać na rysunku 2, płytka zawiera między innymi podwójny wzmacniacz operacyjny, który może być wykorzystany w najróżniejszy sposób. I właśnie przy pomocy tej płytki będziemy w prosty i praktyczny sposób zapoznawać naszych Czytelników z licznymi możliwościami zastosowania wzmacniaczy operacyjnych. W ten sposób będziemy łączyć praktykę z teorią (a nie odwrotnie). Obok instrukcji montażu podamy dodatkowe informacje niezbędne dla osób, które chcą samodzielnie opracowywać urządzenia elektroniczne. Uwzględniliśmy przy tym potrzeby osób "odpornych na wiedzę" - niezbędną teorię, subtelności i szczegóły dotyczące analizy układu umieszczać będziemy w ramkach, których lektura nie jest konieczna dla wykonania i "odpalenia" układu.

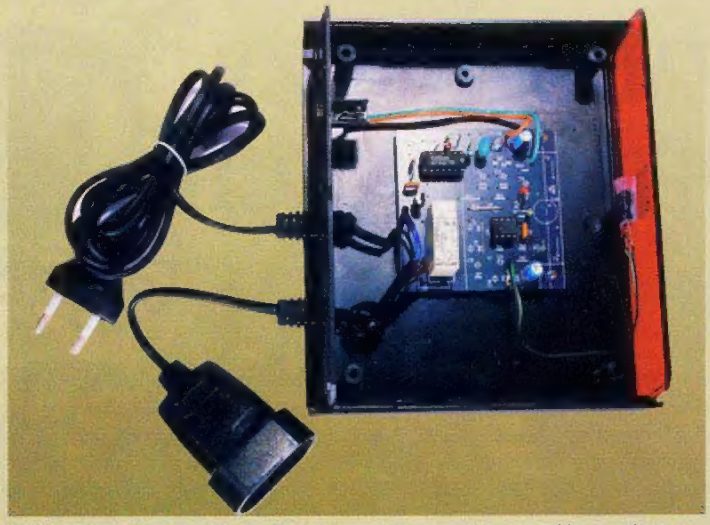


Rys. 1. Widok ścieżek płytki PW-01.



Rys. 2. Rozmieszczenie wszystkich elementów na płytce PW-01

1. Przełącznik sterowany pilotem TV

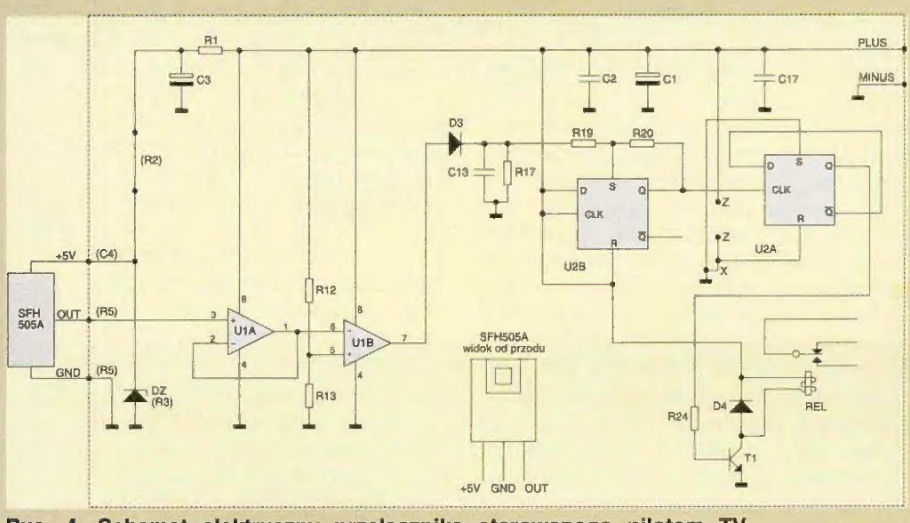


Jest to prosty układ zdalnego sterowania za pomocą promieni podczerwonych. Przełącznik może być sterowany pilotem telewizyjnym lub video. Każde kolejne naciśnięcie dowolnego przycisku pilota powoduje przełączenie przekaźnika wykonawczego. Nasz układ nie jest tylko ciekawostką budowaną dla zabawy - może być użyty w gospodarstwie domowym do włączania i wyłączania oświetlenia, choćby nocnej lampki w sypialni, otwierania drzwi garażowych, bramy itp. Znajdzie też szereg zastosowań w warsztacie, biurze, i pewnie w jakichś układach automatyki przemysłowej. Oczywiście, używanie urządzenia w pomieszczeniu, gdzie zainstalowany jest telewizor nie ma większego sensu, bowiem każde użycie pilota włączy lub wyłączy sterowane urządzenie. Praktyczny zakres zastosowań naszego przełącznika pozostaje mimo to bardzo szeroki.

Układ jest bardzo prosty do zmontowania, zawiera niewiele elementów, nie wymaga żadnego uruchomiania, nie są też potrzebne żadne przyrządy pomiarowe.

Schemat ideowy naszego przełącznika jest pokazany na **rysunku 4**.

Układ jest zasilany napięciem 12V z jakiegokolwiek zasilacza stabilizowanego. Elementem wykonawczym jest przekaźnik o dużej obciążalności styków, umożliwiający sterowanie obciążeniem o mocy do kilku kilowatów.



Rys. 4. Schemat elektryczny przełącznika sterowanego pilotem TV.

Impulsy promieniowania podczerwonego, emitowane przez pilota, odbierane są przez specjalizowany układ odbiornika-demodulatora SFH505A. Jest to układ scalony zintegrowany z fotodiodą, zamknięty w trzynóżkowej czarnej obudowie. Odbiornik musi być zasilany napięciem w zakresie 5V, w naszym układzie zastosowano więc rezystor ograniczający R1 i diodę Zenera. Bliższe informacje na temat układu SFH505A są zawarte w ramce 2.

Pojawienie się paczki impulsów promieniowania podczerwonego spowoduje zmianę stanu na wyjściu OUT z wysokiego (+5V) na niski (masa). Odbiornik reaguje tylko na impulsy o typowej dla pilotów częstotliwości nośnej rzędu 30kHz. Na jego wyjściu pojawiają się zdemodulowane impulsy zdalnego sterowania o częstotliwości rzędu kilkuset herców i amplitudzie 5Vpp. Nie są to już przebiegi o częstotliwości 30kHz, bowiem "inteligentny" układ SFH505A odtwarza przebieg odpowiadający rozkazom. Rozkaz składa się z sekwencji zer i jedynek.

Przy próbach wykorzystywano najtańszy krajowy pilot z układem SAA3010, pracujący zgodnie ze standardem RC-5. W standardzie tym każdy rozkazjest powtarzany dwukrotnie.

Niestety, układ SFH505A nie ma wyjścia z otwartym kolektorem i dla wysterowania układu scalonego U2 zasilanego napięciem 12V konieczne okazało się zastosowanie wzmacniacza U1. Wzmacniacz U1A pracuje w konfiguracji wtórnika napięciowego (ma wzmocnienie równe 1), a U1B pełni rolę komparatora, przy czym sygnał zostaje odwrócony w fazie. Odwrócenie fazy ma tu znaczenie, dzięki temu przekaźnik zmienia swój stan w momencie naciśnięcia, a nie zwolnienia przycisku pilota.

Dodatkowe informacje na temat zastosowania wzmacniaczy operacyjnych jako wtórnika oraz komparatora podane są w ramkach 1 i 3.

W spoczynku napięcie na wyjściu wzmacniacza U1B jest bliskie masy, a pojawiające się dodatnie impulsy o amplitudzie prawie 12V ładują kondensator C13 przez diodę D3. Konieczne okazało się zastosowanie dość dużej stałej czasowej C13R17. Gdy ta stała czasowa jest zbyt mała, układ nie może poprawnie pracować: przy ciągłym naciśnięciu przycisku pilota przekaźnik miarowo stuka - łapie i puszcza, a przy krótkim naciśnięciu przełącza tylko na chwilę. Jak powiedzieliśmy, nawet przy krótkim naciśnięciu rozkaz wysyłany jest dwukrotnie w pewnym odstępie czasu, co może być traktowane jak dwa naciśnięcia przycisku. Dzięki zastosowaniu

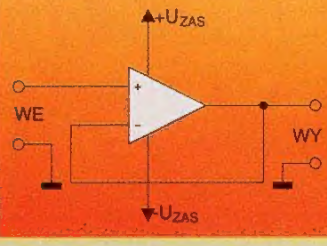
Wtórnik napięciowy

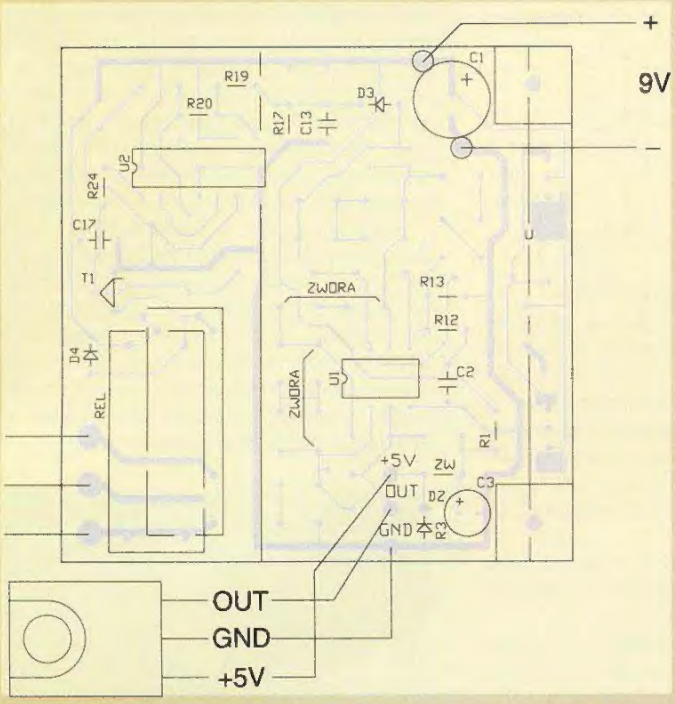
Ramka 1

Jest to jeden z najprostszych sposobów zastosowania wzmacniacza operacyjnego. Układ ma wzmocnienie równe 1, rezystancja wejściowa jest bardzo duża, szczególnie we wzmacniaczach z tranzystorami FET na wejściu (dziesiątki i setki M), natomiast rezystancja wyjściowa jest rzędu ułamka oma. Wtórnik napięciowy jest więc często stosowany jako bufor gdy źródło sygnału ma dużą rezystancję wewnętrzną.

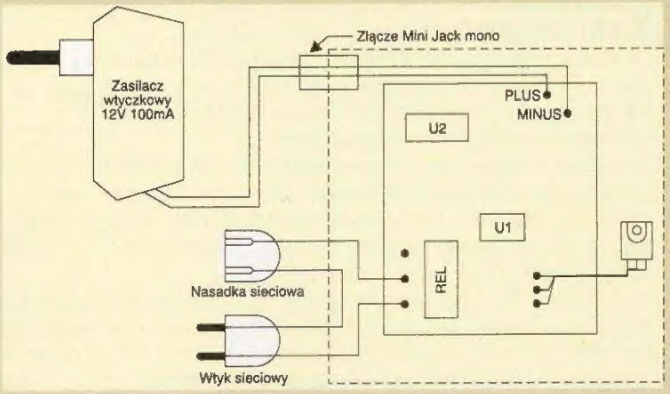
Pasmo przenoszenia jest szerokie, nawet w popularnych kostkach (μA741, LM358) wynosi 1MHz.

Przy wzmocnieniu równym 1 zakres napięcia wejściowego i wyjściowego jest na pewno mniejszy niż zakres napięć zasilania (zwykle około 1,5V poniżej dodatniego napięcia zasilania i 1,5V powyżej ujemnego napięcia zasilania). Niektóre typy układów mogą pracować "bliżej" napięć zasilania, na przykład kostki o specyficznej budowie wejścia i wyjścia przeznaczone do zasilania napięciem unipolarnym (LM358, LM324), które mogą pracować z napięciami wejściowymi kilkadziesiąt mV powyżej ujemnego napięcia zasilającego oraz niektóre układy wykonane w technologii CMOS (nawet kilkadziesiąt mV od obu napięć zasilania).





Rys. 5. Rozmieszczenie elementów na płytce przełącznika sterowanego pilotem TV.



Rys. 6. Układ zewnętrznych połączeń modelu przełącznika sterowanego pilotem.

dużej stałej czasowej C13R17, w przerwie między kolejnymi rozkazami napięcie na C13 nie zdąży opaść poniżej progu przełączania układu U2.

Układ U2B pracuje tu w zupełnie nietypowej konfiguracji. Wraz z rezystorami R19, R20 tworzy układ... przerzutnika Schmitta.

W sumie więc po każdym naciśnięciu przycisku pilota na nóżce 13 U2 pojawia się długi dodatni impuls prostokątny. Przebieg ten podawany jest na wejście taktujące (zegarowe) przerzutnika U2A. Zastosowanie przerzutnika Schmitta jest konieczne aby uzyskać przebieg o dużej stromości zboczy, bowiem sygnał zegarowy przerzutnika 4013 musi mieć krótkie czasy narastania i opadania. Przerzutnik U2A pracuje jako dwójka licząca (dzięki połączeniu wejścia D z wyjściem Q\ z przerzutnika typu D otrzymuje się przerzutnik typu T). Każde kolejne naciśnięcie przycisku pilota powoduje zmianę stanu wyjść przerzutnika na przeciwny w sekwencji włącz-wyłącz-włącz-wyłącz...

Sygnał z wyjścia przerzutnika podawany jest przez rezystor R24 na tranzystor sterujący przekaźnikiem. Dioda D4 włączona "odwrotnie" jest konieczna; służy ona do likwidacji przepięć indukujących się w cewce przekaźnika podczas wyłączania, które mogłyby uszkodzić tranzystor.

Na płytce przewidziano miejsce na różne typy przekaźników o różnych rozstawach nóżek, na przykład krajowe RM81, RM82, RM96 i ich zamienniki. Przekaźniki te mają dużą obciążalność prądową rzędu 8...16A, można więc sterować urządzeniami o dużej mocy. Nie przewidziano natomiast wykorzystania optotriaków, a to z uwagi na ewentualne kłopoty z chłodzeniem triaka przy większych prądach oraz większe niebezpieczeństwo uszkodzenia. W praktycznych warunkach, co może wydawać się dziwne, właśnie poczciwe przekaźniki przysparzają mniej kłopotów i często okazują się bardziej niezawodne.

Montaż i uruchomienie

Elementy układu można zmontować na płytce drukowanej PW-01. Pomocą będzie **rysunek 5**, na którym zaznaczono użyte elementy, zwory i punkty dołączenia przewodów.

Najpierw należy wlutować trzy zwory: jedną w miejscu R2, drugą "omijającą" R8 i R9, trzecią w miejsce R10 i C8.

Następnie należy wlutować rezystory, kondensatory, diody, tranzystor, podstawki pod układy scalone, a na końcu przekaźnik.

Odbiornik SFH505A należy dołączyć za pomocą przewodów zgodnie z rysunkami 3 i 4. Pomocą będzie też fotografia modelu.

Po zmontowaniu wszystkich elementów i włożeniu układów scalonych zgodnie z zaznaczonym wycięciem-kluczem należy dokładnie sprawdzić poprawność montażu. Najczęstszą przyczyną kłopotów są błędy w montażu i zwarcia podczas lutowania. Szczególnie starannie należy skontrolować punkty lutownicze pod układami scalonymi.

Układ bezbłędnie zmontowany ze sprawnych elementów nie wymaga żadnego uruchamiania - od razu pracuje poprawnie.

Przewody zasilania 12V można dołączyć do dużych punktów lutowniczych umieszczonych w pobliżu kondensatora C1 oznaczonych PLUS i MINUS.

Pobór prądu zależy od rezystancji cewki zastosowanego przekaźnika. Gdy przekaźnik jest wyłączony układ pobiera mniej niż 5mA prądu.

Układ SFH505A

Ramka 2

Odbiornik i demodulator sygnałów zdalnego sterowania

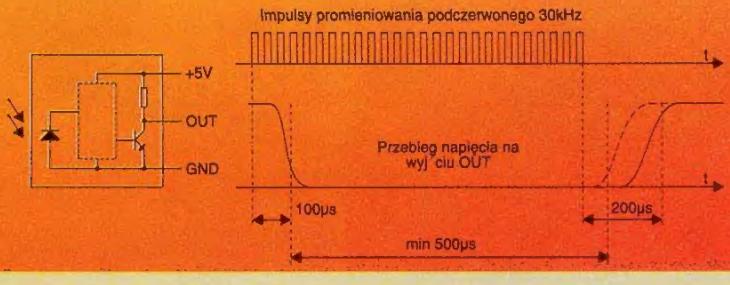
Jest to układ zawierający fotodiodę oraz scalony detektor i demodulator sygnałów zdalnego sterowania. Zamknięty jest w plastikowej obudowie zawierającej filtr światła widzialnego i ekran zmniejszający wrażliwość na promieniowanie elektromagnetyczne (radiowe).

Podstawowe parametry układu są następujące:

Zalecany zakres napięć zasilających:	4,5...5,5V (max 7V)
Prąd zasilania:	0,65mA
Zakres temperatur pracy:	0...+70°C
Maksimum czułości spektralnej:	950nm
Zakres czułości spektralnej (-10%):	950 ± 160nm
Próg przełączania (950nm, 30kHz):	40nW/cm^2
Kąt „widzenia" (-50%):	±50 deg

Układ nie reaguje ani na światło widzialne, ani nawet na niemodulowane promieniowanie podczerwone.

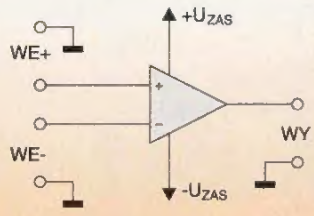
Rysunek pokazuje uproszczoną budowę wewnętrzną układu i przebieg na wyjściu po odebraniu paczki impulsów o częstotliwości 30kHz. Przy zmianie częstotliwości odbieranych impulsów czułość się zmniejsza (o 10% dla częstotliwości powtarzania 28 i 32kHz, o 50% przy 25 i 37kHz).



Komparator

Ramka 3

Choć komparatory są produkowane jako oddzielna grupa układów scalonych, bardzo często, szczególnie w układach nie wymagających dużych szybkości, są zastępowane popularnymi wzmacniaczami operacyjnymi.



Zadaniem komparatora jest porównanie dwóch napięć i stwierdzenie, które z nich jest większe. Na wyjściu komparatora występują więc tylko dwa stany: wysoki i niski. Komparatory często są stosowane jako sprzęg układów liniowych i cyfrowych.

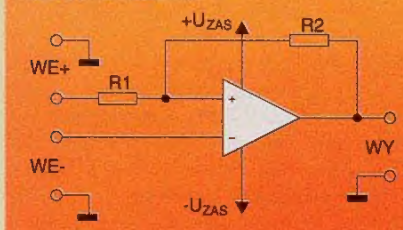
Rezystancja obu wejść jest bardzo duża, szczególnie w układach z wejściami FET.

Napięcia na wyjściu są równe napięciom nasycenia wzmacniacza (czyli różnią się od napięć zasilania o kilkadziesiąt mV do ok. 1,5V, zależnie od typu wzmacniacza), a wydajność prądowa określona jest budową stopnia wyjściowego.

Nie wszystkie wzmacniacze operacyjne nadają się do pracy w charakterze komparatorów. W katalogach podaje się zakres użytecznych napięć wejściowych, zwykle węższy niż zakres napięć zasilania, i co ważniejsze - maksymalne napięcie różnicowe. Napięcie różnicowe w klasycznych układach pracy jest bliskie zeru; parametr ten nabiera znaczenia właśnie przy pracy wzmacniacza operacyjnego w charakterze komparatora - nie wolno go przekraczać, bo układ może ulec uszkodzeniu.

Do zastosowania w roli komparatora nie bardzo nadaje się na przykład popularny wzmacniacz NE5532 chętnie stosowany do budowy sprzętu audio, ponieważ na jego wejściu włączono przeciwsobnie dwie diody i napięcie różnicowe nigdy nie przekroczy 0,7V.

W bardzo dokładnych zastosowaniach należy wziąć pod uwagę wejściowe napięcie niezrównoważenia - próg przełączania będzie przesunięty o to właśnie napięcie niezrównoważenia.



Przy sterowaniu komparatora przebiegiem wolno narastającym lub opadającym, wskutek wszechobecnych szumów i zakłóceń, na wyjściu mogą pojawić się drgania. Praktycznym sposobem wyeliminowania takiego niebezpieczeństwa jest zastosowanie komparatora z histerezą, pokazanego na rysunku D. Uzyskuje się to za pomocą dwóch rezystorów. W praktyce najczęściej wystarcza, by stosunek R2 / R1 wynosił około 100. Dla uzyskania większej histerezy stosunek R2 / R1 powinien być mniejszy. Rezystancja wejściowa wejścia nieodwracającego jest wtedy równa sumie rezystancji R1 i R2, w praktyce należy więc stosować tu duże wartości rezystancji.

W zależności od potrzeb obwód sterowany należy dołączyć do dwóch z trzech punktów lutowniczych umieszczonych obok przekaźnika, a przy prądach powyżej 10A przewody o przekroju co najmniej 1,5mm^2 lepiej jest przylutować bezpośrednio do końcówek przekaźnika.

Wypróbowano działanie układu przy współpracy z krajowym pilotem Elemis NZS2040. Wyniki są znakomite - układ pracuje niezawodnie, ma dużą czułość i reaguje nawet na światło odbite, gdy pilot skierowany zostanie na sufit lub ścianę.

Na fotografii pokazano przykład zastosowania naszego przełącznika do sterowania lampką nocną w sypialni. Opisany układ został umieszczony w obudowie KM-60. Płytę czołową zastąpiono czerwoną szybką, na której od wewnątrz kawałkiem dobrej taśmy samoprzylepnej przyklejono odbiornik SFH505A. Układ zasilany jest z typowego "wtyczkowego" zasilacza 12V 100mA, używanego do wzmacniaczy antenowych. Układ połączeń modelu pokazany jest na **rysunku 6.**

Przy budowie i eksploatacji urządzeń dołączanych bezpośrednio do sieci energetycznej należy stosować się do obowiązujących przepisów bezpieczeństwa. Konstrukcja musi w pełni zabezpieczać użytkownika przed porażeniem. Niedopuszczalne jest dokonywanie jakichkolwiek manipulacji w układzie w czasie gdy urządzenie jest dołączone do sieci energetycznej.

WYKAZ ELEMENTÓW

Rezystory

R1,R12: 10k
R13: 2,2k
R17: 470k
R19: 100k
R20: 2,2...3,3M
R24: 1k

Kondensatory

C1: 47...100µF/16V
C2: 10µF/10V
C2,C17: 100nF ceramiczny
C13: 470nF

Półprzewodniki

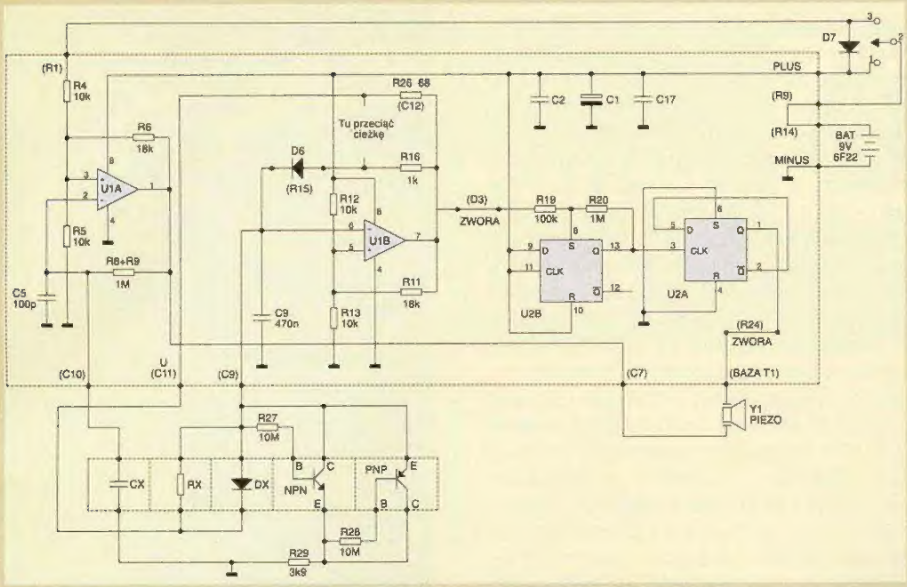
D3,D4: 1N4148
DZ: dioda Zenera 5V1
T1: np. BC547, BC548
U1: TL082
U2: CMOS 4013
U3: SFH 505A

Inne

REL: np. RM81, 82, 96
* podstawki pod układy scalone
* przewód potrójny ok. 10cm

2. Uniwersalny tester podzespołów

Jako drugi przykład wykorzystania płytki wiekofunkcyjnej PW-01 proponujemy wykonanie prostego testera podzespołów elektronicznych: rezystorów, kondensatorów, diod i tranzystorów bipolarnych. Może to być drugi po mierniku uniwersalnym przyrząd pomiarowy w laboratorium początkującego hobbysty. Za jego pomocą można sprawdzić, czy dany podzespół jest sprawny i wstępnie określić jego parametry. Wskaźnikiem w naszym testerze jest... częstotliwość dźwięku. Częstotliwość sygnału zależy od parametrów badanego elementu, czyli odpowiednio: rezystancji, pojemności, prądu wstecznego i współczynnika wzmocnienia prądowego. W pierwszej chwili taka "akustyczna" koncepcja testera może wydawać się dziwna i mało przydatna, jednak Autor przekonał się, iż w niektórych sytuacjach przedstawiony sposób jest najtańszy i najprostszy. Przed laty tester pracujący na takiej zasadzie znakomicie sprawdził się w pracowni ze-



Rys. 7. Schemat elektryczny uniwersalnego testera podzespołów.

garmistrzowskiej przy naprawach zegarków elektronicznych. Nie chodziło tam o dokładny pomiar, tylko o stwierdzenie czy używane rezystory i kondensatory SMD są sprawne, czy uszkodzone.

Oprócz walorów praktycznych opisana konstrukcja ma duże znaczenie dydaktyczne - pokazuje jak wzmacniacze operacyjne znajdują zastosowanie do budowy generatorów.

Schemat elektryczny testera jest pokazany na **rysunku 7.** Oba wzmacniacze operacyjne pracują jako generatory. Zasada działania klasycznego generatora ze wzmacniaczem operacyjnym jest podana w ramce 3. Generator ze wzmacniaczem U1A służy do pomiaru pojemności. Gdy nie jest podłączona żadna zewnętrzna pojemność Cx, układ wytwarza przebieg o częstotliwości około 10kHz - a więc dźwięk jest bardzo wysoki. Po dołączeniu badanego kondensatora częstotliwość zmniejsza się stosownie do dołączonej pojemności. Już dołączenie pojemności rzędu pojedynczych pikofaradów daje wyczuwalną uchem zmianę częstotliwości. Testerem można również sprawdzać kondensatory o pojemności do 2,2...4,7µF - przy takich pojemnościach nie słychać tonu, tylko terkot lub stukanie. Oczywiście, mierząc częstotliwość moglibyśmy dokładnie określić badaną pojemność, ale nie ma to chyba sensu - nie proponujemy przecież naszym Czytelnikom elektronicznej wersji "maści na szczury". Nasz przyrząd ma być tylko testerem, który pozwala zgrubnie określić parametry podzespołu. Zastosowana metoda akustyczna doskonale się do tego nadaje.

Drugi wzmacniacz (U1B) pracuje na podobnej zasadzie jak pierwszy. Jednak zastosowanie diody D5 zmienia współczynnik wypełnienia generowanego przebiegu. Przy sprawdzaniu rezystorów czas trwania (dodatnich) impulsów na wyjściu określony jest przez wypadkową rezystancję Rx, R16 i R26. Natomiast czas przerwy zależy tylko od rezystancji Rx. Ponieważ przy dużej wartości Rx impulsy będą mieć współczynnik wypełnienia bliski zeru i byłyby bardzo słabo słyszalne, zastosowano dzielnik częstotliwości przez dwa z przerzutnikiem U2A, poprzedzony niekonwencjonalnym układem przerzutnika Schmitta z układem U2B. Otrzymany na nóżce 1 U1A sygnał o wypełnieniu równym 50% podawany jest na przetwornik piezo.

Aby wzmacniacz nie zatkał się gdy badana rezystancja Rx ma wartość zero, zastosowano rezystor ograniczający R26.

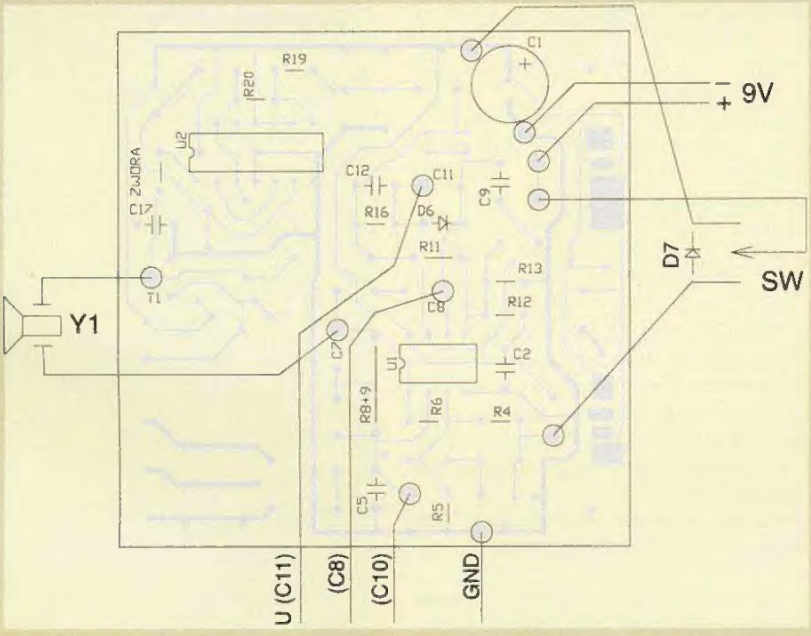
Sens dołączenia diody D5 staje się jasny dopiero przy badaniu diod i tranzystorów.

Przy włączeniu badanej diody zgodnie z rysunkiem, pojawi się wysoki ton - ładowanie kondensatora C9 będzie następować przez R16 i D5, a rozładowywanie przez R26 i Dx. Przy odwrotnym włączeniu diody układ nie powinien pracować; przy znacznym prądzie upływu pojawi się powolne stukanie.

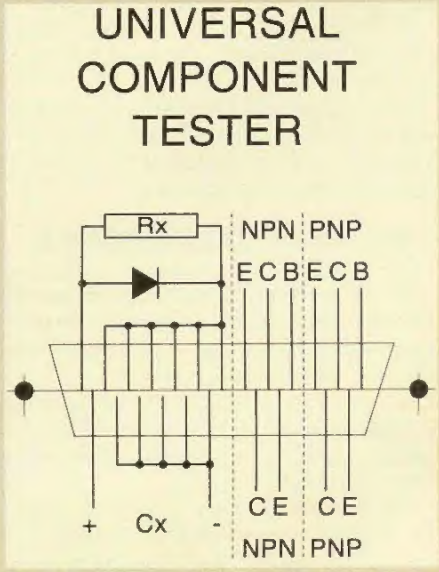
Badany tranzystor ma dołączony między bazę a kolektor rezystor o rezystancji 10M. Ponieważ napięcie na kondensatorze C9 zawsze jest większe od zera, więc przez tranzystor płynie do masy prąd proporcjonalny do jego współczynnika wzmocnienia (stało)prądowego. Prąd ten ciągle rozładowuje kondensator C9. Jeśli napięcie na kondensatorze C9 spadnie poniżej dolnego progu przełączania, na wyjściu wzmacniacza operacyjnego pojawi się napięcie bliskie napięciu zasilania i kondensator zacznie się ładować przez diodę D5 i niewielką rezystancję R16. Gdy napięcie na kondensatorze przekroczy górny próg przełączania, napięcie na wyjściu wzmacniacza spadnie i kondensator będzie się rozładowywał prądem płynącym przez badany tranzystor. Aby generator pracował nawet przy zwarciu tranzystora zastosowano rezystor ograniczający R29.

Gdy nie jest dołączony żaden badany podzespół, generator nie powinien pracować.

Omówienia wymaga jeszcze przełącznik zasilania i sposób sterowania brzęczyka piezo. Przy badaniu kondensatorów generator U1A wytwarza przebieg o znacznej częstotliwości. Dźwięk ten przeszkadzałby przy pomiarach innych elementów za pomocą generatora U1B. Dla uniknięcia takiej sytuacji zastosowano trzypozycyjny wyłącznik za-



Rys. 8. Rozmieszczenie elementów na płytce uniwersalnego testera podzespołów.



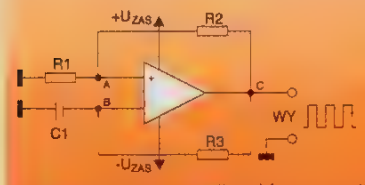
Rys. 9. Widok naklejki z napisami.

Generator

Ramka 4

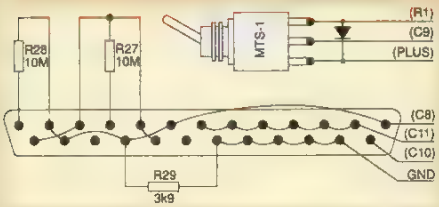
Przy użyciu wzmacniacza operacyjnego można w prosty sposób wykonać generator przebiegu prostokątnego i trójkątnego. Zasadę działania takiego generatora można prześledzić korzystając z rysunku.

Wzmacniacz operacyjny pracuje tu jako komparator z histerezą wyznaczoną stosunkiem rezystancji R2/R1. Jeśli przykładowo R1 = R2 i w danej chwili napięcie na wyjściu wzmacniacza (punkt C) jest bliskie dodatniemu napięciu zasilającemu (+15V), to na wejściu nieodwracającym (punkt A) napięcie jest o połowę mniejsze (+7,5V). Kondensator C1 ładuje się przez rezystor R3 i napięcie na nim (punkt B) wzrasta. Gdy stanie się ono większe niż napięcie w punkcie A, stan wyjścia zmieni się i w punkcie C pojawi się napięcie bliskie ujemnemu napięciu zasilania (-15V). W punkcie A napięcie będzie teraz miało wartość -7,5V, a kondensator C1 zacznie się rozładowywać przez rezystor R3. Gdy napięcie w punkcie B spadnie poniżej napięcia w punkcie A, stan wyjścia znów się zmieni - gwałtownie wzrośnie do +15V. Kondensator zacznie się ładować i cykl pracy się powtórzy.



Częstotliwość generacji zależy przede wszystkim od wartości elementów R3 i C1. Pewien wpływ mają też rezystory R1 i R2 - czym większa histereza tym mniejsza częstotliwość. Zakres uzyskiwanych częstotliwości sięga do kilkuset kiloherców, zależnie od szybkości użytego wzmacniacza. Cenną zaletą takiego układu jest możliwość generacji przebiegów o okresie wielu sekund, a mawet minut. Jako C1 należy wtedy stosować kondensator elektrolityczny o odpowiednio dużej pojemności i małej upływności, wzmacniacz z wejściami FET (np. z serii TL08X) i rezystor R3 o wartości kilku czy kilkudziesięciu megaomów.

Układ stosowany jest najczęściej do generacji przebiegu prostokątnego. Możliwe jest też wykorzystanie przebiegu z punktu B, który jest podobny do trójkątnego. Nie jest to dokładnie przebieg trójkątny, bo napięcie na kondensatorze zmienia się w sposób wykładniczy. Jednak przy małej histerezie (rezystancja R1 znacznie większa od R2) błąd jest niewielki; ale amplituda przebiegu w punkcie B też jest wtedy niewielka. Przy wykorzystywaniu takiego przebiegu należy stosować wtórnik napięciowy lub wzmacniacz nieodwracający, aby dołączone obciążenie nie wprowadzało dodatkowych błędów.



Rys. 10. Schemat połączeń gniazda pomiarowego i przełącznika z płytką.

siłania SW i diodę D7. W środkowej pozycji układ jest wyłączony. Gdy styk 2 przełącznika SW jest dołączony do punktu 1 pracuje tylko część układu z układem U1B i U2 - można mierzyć rezystory, diody i tranzystory. Generator U1A nie pracuje, bo nie jest podawane napięcie polaryzujące na rezystor R4. W przeciwnej pozycji przełącznika SW pracuje cały układ - można sprawdzać kondensatory.

Przetwornik piezo włączono w najprostszy, choć nietypowy sposób: między wyjście generatora U1A i wyjście przerzutnika U2A.

W układzie nie przewidziano kontrolki włączenia zasilania - w razie potrzeby można dodać diodę LED z włączonym szeregowo rezystorem o nominale 1,5...5,1k .

Montaż i uruchomienie

Pomocą w montażu układu będzie **rysunek 8** pokazujący elementy, które należy zmontować na płytce oraz punkty dołaczenia elementów zewnętrznych.

W pierwszej kolejności należy przeciąć jedną ścieżkę w punkcie oznaczonym na schemacie i płytce literką T (między elementami R15,R16 i C11,C12).

Na początek należy wlutować dwie zwory: zamiast rezystora R24 i diody D3. Następnie można wlutować rezystory, podstawki pod układy scalone, kondensatory oraz diodę w miejsce rezystora R15.

Kondensatory C5 i C9 należy wlutować nieco inaczej niż wskazuje nadruk na płytce - w sposób pokazany na **rysunku 8**. Jeden z otworów przeznaczony pierwotnie pod kondensator C9 wykorzystamy później do podłączenia zasilania.

W następnej kolejności trzeba przygotować obudowę, wyciąć w niej otwory i zamontować gniazdo DB25 i przełącznik SW. Naklejkę z napisami (**rysunek 9**) można wykonać na papierze samoprzylepnym (do nabycia w sklepach z materiałami do komputerów i w dużych sklepach papierniczych). Dla zwiększenia trwałości naklejkę tę dobrze byłoby zabezpieczyć bezbarwnym lakierem w sprayu dostępnym w większości sklepów chemicznych i motoryzacyjnych.

Autor proponuje najpierw przykleić naklejkę na obudowę i dopiero potem wykonać wycięcie na łączówkę DB25. Wtedy na pewno opis na naklejce będzie odpowiadał otworom łączówki. Po zmontowaniu gniazda i przełącznika na przedniej połówce obudowy należy na ich stykach zmontować elementy D7, R27, R28 i R29 i wykonać niezbędne połączenia. Potem trzeba wykonać przewodami połączenia między nimi a płytką. Pomocą w montażu będzie **rysunek 10**, na którym (uwaga!) złącze DB25 pokazano od strony końcówek lutowniczych.

Na koniec należy wlutować złączkę baterii; czarny przewód do punktu oznaczonego MINUS, czerwony do niewykorzystanego punktu pod rezystor R14.

Układ nie wymaga uruchomiania, przy bezbłędnym montażu od razu pracuje poprawnie.

Tester dobrze zdaje egzamin przy sprawdzaniu wielu takich samych podzespołów oraz przy porównywaniu elementów o nieznanych parametrach z wzorcowymi.

WYKAZ ELEMENTÓW

Rezystory

R4,R5,R12,R13: 10k
R6,R11: 18k
R(6+9),R20: 1M
R16: 1k
R19: 100k
R26: 68 (56...75)
R27,R28: 10M
R29: 3,9k

Kondensatory

C1: 47...100µF/16V
C2,C17: 100nF ceramiczny
C5: 100pF
C9: 470nF

Półprzewodniki

D6,D7: 1N4148
U1: TL082
U2: CMOS 4013

Inne

Y1: przetwornik piezo z membraną
SW: przełącznik trzypozycyjny
* podstawki pod układy scalone
* złącze DB25 (żeńskie)
* złączka baterii
* przewody połączeniowe
* obudowa KM-33B

C. d. n.

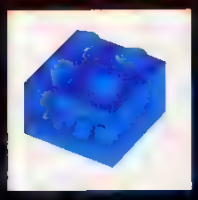
W następnych numerach EdW przedstawimy szerzej inne aplikacje płytki PW-01, o których mowa była we wstępie do niniejszego artykułu.

Przygotowujemy też kolejną płytkę wielofunkcyjną PW-02, która pozwoli wykonać:

- monitor stanu akumulatora samochodowego,
- miernik wysterowania (VU-meter),
- prosty woltomierz,
- amperomierz,
- miernik siły wiatru,
- monitor napięcia sieci energetycznej,
- miernik refleksu,
- miernik mocy,
- prosty sonoter,
- oryginalną lumínofonię,
- sterowanie reklamy świetlnej,
- obrotomierz samochodowy,
- termometr,

i wiele innych urządzeń.

System projektowania modułowego



część 1

W rozpoczynającej się serii artykułów omówimy szereg modułów układów elektronicznych, podzielonych na wejściowe, procesorowe i wyjściowe. W miarę możliwości przedstawimy po kilka modułów każdego z trzech rodzajów.

Każdej z dziesięciu części serii będzie towarzyszył artykuł, opisujący jak z opisanych modułów zbudować kompletny układ, łącznie z zaprojektowaniem płytki drukowanej. Każdy z układów będzie przedstawiał realizację jednego z wielu możliwych pomysłów, a sami Czytelnicy, mamy nadzieję, z kombinacji opisanych w całej serii rozmaitych modułów będą mogli wykonać najróżniejsze układy.

Zestawienie proponowanych modułów serii jest wyszczególnione w tabeli 1.1. Każdy moduł daje się łatwo połączyć z pozostałymi modułami zespołu, ale może być także łączony z modułami innych zespołów.

Nic nie daje większej satysfakcji niż samodzielne zaprojektowanie schematu, dobranie i rozmieszczenie elementów, zakończone wykonaniem działającego potem układu. Wiele osób szybko uczy się sztuki projektowania ścieżek na płytce drukowanej, rozmieszczania elementów na płytce uniwersalnej, ale niewielu próbuje projektować schematy.

Trudność polega na tym - jak to często bywa - że nie wiadomo od czego zacząć. Czy wstępnie zdefiniowane zadanie da się rozwiązać przy pomocy układu tranzystorowego, bramek logicznych, wzmacniaczy operacyjnych, czy też ich kombinacji? Jak się upewnić, czy wybrane rozwiązanie jest najlepsze? Jak wybrać odpowiednie podzespoły z szerokiej oferty rynkowej? Gdzie szukać potrzebnych danych? I przede wszystkim, czy do obliczenia wielkości wszystkich rezystorów i kondensatorów jest potrzebna wyższa matematyka?

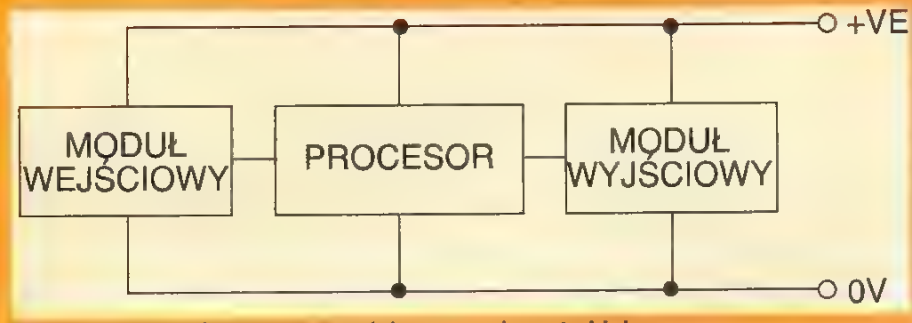
Odpowiedź na każde z tych pytań nie będzie trudna, jeśli się zastosuje kilka podstawowych reguł. Każdy schemat zawsze składa się z kilku sekcji lub modułów. Swoje własne rozwiązanie można stworzyć przez połączenie w jedną całość różnych modułów, z których każdy mógł zostać zaprojektowany nawet przez kogoś innego. Rezultat nie tylko przysporzy zadowolenia z własnej konstrukcji, ale także łatwiej go będzie testować i łatwiej w nim będzie można odszukać ewentualne błędy.

Podział projektowanego układu na moduły

Każdy projektowany układ można podzielić na oddzielne moduły, z których każdy na przykładowym **rys. 1.1.** jest reprezentowany przez osobny blok. Po wybraniu potrzebnych modułów łączy się ze sobą jeden blok wejściowy, jeden blok procesora lub wzmacniacza i jeden blok wyjściowy. Trzeba jeszcze połączyć razem ich końcówki zasilania i masy w jeden obwód, a wyjście jednego modułu połączyć z wejściem następnego i otrzymuje się ostateczny schemat układu.

Zasilanie

Przyjmuje się, że wszystkie opisane moduły wymagają napięcia zasilającego 12V, takie są bowiem najczęściej wymagania dla przekaźników, syren, elektromagnesów itp. Dla układów scalonych wymagających niższego napięcia trzeba dodatkowo użyć odpowiedniego stabilizatora napięcia. Do logicznych układów scalonych CMOS serii 74HC, zamiast proponowanych z serii 4000, trzeba zastosować napięcie zasilania 4,5V lub 5V.



Rys. 1.1. Przykład typowego modułowego schematu blokowego.

Tablica 1.1

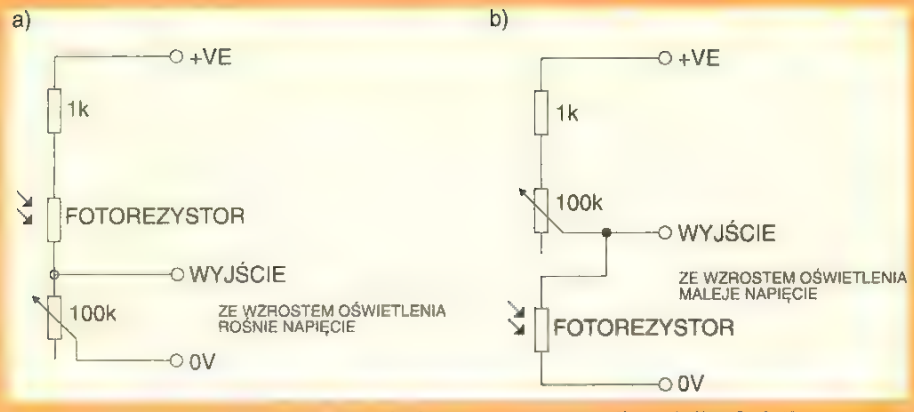
Zespół	A Moduł wejściowy	B Procesor	C Moduł wyjściowy	Projekt
1	czujnik światła/temperatury	tranzystor wzmacn. operacyjny bramki logiczne przerzutnik Schmitta	sterownik npn sterownik Darlingtona npn układ przekaźnikowy LED	alarm temperaturowy (1A + 1B + 1C)
2	włączniki alarmu	timery: ze zwykłym opóźnieniem ze sprzęż. zmiennoprąd. przerzutn. monost. CMOS monost. 555	niezawodne wyjście (npn) niezawodne wyjście (pnp) ostrzeganie o awarii zasilacza	alarm z timerami wej/wyj i syreny (2A + 2B + 2C + 1C)
3	przełączniki czujnik dotykowy czujnik wilgoci	przekaźnik zatrzaskowy: tyrystor zatrzask NOR przerzutnik	sterowanie szybkością silnika sterowanie kierunkiem silnika (przekaźnik) (tranzystor)	system automatycznego panoramowania kamerą (3A + 2B + 3B + 3C)
4	przerzutniki astabilne: bramki CMOS 741 555	licznik dekadowy	rezystor szergowy do LED	Auto Dice o zmiennej szybkości (2 razy 1 do 6) (4A + 2B + 4B + 4C)
5	odbiornik podczerwieni	koder/dekoder przerzutnik D przerzutnik T przerzutnik J-K sterowanie logiczne	impulsowe wyjście Darlingtona	Infra-Zap (5A + 1B + 2B + 4A + 4B + 5B + 1C + 5C)
6	odkłócanie wyłączników R/C przerzutnik monostabilny	interfejs modułu licznika licznik dwójkowy/BCD	ciekłokrystaliczny dekoder/sterownik/wyświetlacz	licznik zdarzeń (6A + 6B + 6C + 4A) (osobny lub związany projektem 5)
7	impulsy zegarowe: sieciowe przerzutnik astabilny oscylator kwarcowy	logiczne bramki diodowe dzielnik	sterownik 7-segmentowy z 7-segment. wyświetlaczem LED	timer odliczający (max. 99m 59s) z sygnałem (7A + 1B + 7B + 7C + 1C)
8	dźwięk (wejście) (ze wzmacniaczem oper.) mikser dźwięku poz. czujnika napięcia	ukł. scal. proces. dźwięk.	sterownik z tranzystorem pnp	ostrzegacz gł. z brzęcz. (8A + 8B + 8C)
9	nadajnik podczerwieni	detektor brakujących impulsów 555 bramka CMOS	przekaźniki przełącznik języczkowy	podwójny detektor przerw wiązki podczerwieni (9A + 2B + 9B + 9C + 1C + 5A + 5B + 1B)
10	czujnik pól magnetycznych	przetwornik częstotliwości na napięcie	wyświetlacz głosowy jak projekt 8, ale z liniowym układem scalonym)	wyświetlacz szybkości silnika/osi (10A + 10B + 10C)

Ważne jest blokowanie końcówek zasilania (pomiędzy 0V i +VE) kondensatorami filtrującymi, których zadaniem jest wygładzanie wszelkich wahań napięcia zasilającego. Ich pojemność zależy od poboru prądu przez układ i w większości przypadków wystarczy 1000µF. Zasilanie czułych układów scalonych (np. mogących zatrzasnąć się przypadkowo) warto dodatkowo zablokować bezpośrednio przy nich umieszczonymi kondensatorami 100nF.

Logiczne układy scalone

W urządzeniach budowanych z logicznych układów scalonych można używać układów CMOS serii 4000. Są one powolniejsze od najnowszych, serii 74HC i 74AC, ale są najmniej kłopotliwe pod względem zasilania i łatwości użycia. Działają one przy zasilaniu od około 3V do 18V, podczas gdy układy serii 74HC od 2V do tylko 6V. Wszystkie układy CMOS są wrażliwe na elektryczność statyczną. Podstawowe zasady chronienia ich przed zniszczeniem będą omówione dalej.

Praktycznie wszystkie układy logiczne można konstruować z elementów CMOS serii 74HC. Trzeba jednak pamiętać, że w większości wypadków rozmieszczenie wyprowadzeń jest w nich inne. Na przykład zespół czterech podwójnych bra-



Rys. 1.2. Dwa sposoby zastosowania fotorezystora w roli czujnika światła.

mek NOR jako CMOS 4000 nazywa się 4001B. Odpowiadająca mu wersja 74HC jest oznaczona 74HC02, a rozmieszczenie jego wyprowadzeń jest inne (zob. **rys. 1.14.**). Natomiast licznik CMOS 4024 jest dostępny także w postaci 74HC4024 z tym samym rozkładem wyprowadzeń.

Układy serii 74HC mogą działać ze znacznie większą szybkością (zazwyczaj około 20MHz) niż CMOS serii 4000 (typowo około 4MHz), jednak duża szybkość nie jest wymagana w żadnym z układów omawianych w niniejszej serii artykułów. (Bardzo duże szybkości działania w niektórych rodzajach układów mogą stwarzać trudności, a rozmieszczenie ścieżek płytki drukowanej może mieć wpływ na ich działanie.) Układy serii 74HC dostarczają większego prądu niż układy serii 4000, odpowiednio 25mA, wobec 4mA, z jednego wyjścia. Często w jednym urządzeniu stosuje się równocześnie elementy obu rodzajów, muszą one jednak wszystkie być wtedy zasilane jednym napięciem, 4,5V lub 5V.

Moduły zespołu 1

Omówimy następujące moduły:

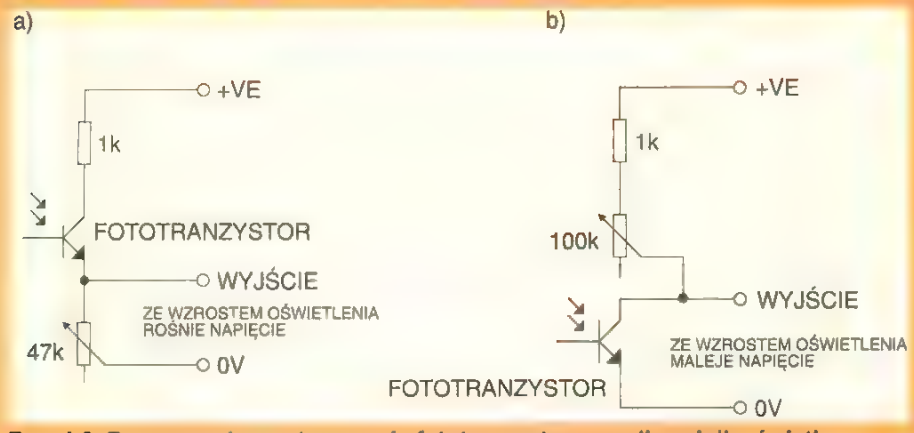
WEJŚCIOWE: czujnik światła i czujnik temperatury,

PROCESOROWE: pojedynczy tranzystor, wzmacniacz operacyjny, bramka logiczna i przerzutnik Schmitta,

WYJŚCIOWE: LED, pojedynczy tranzystor, para Darlingtona i przekaźnik.

Z powyższych modułów da się zestawić następujące urządzenia (projekty):

* automat świetlny (włącza światło, gdy robi się ciemno)
* detektor wiązki świetlnej
* alarm dla lodówki (monitoruje temperaturę i brzęczy gdy temperatura zbytnio wzrośnie)
* ostrzegacz lodowy (alarmuje w razie mrozu na strychu)



Rys. 1.3. Dwa sposoby zastosowania fototranzystora w roli czujnika światła.

* ostrzegacz termiczny (alarmuje, gdy grozi na przykład przegrzanie akwarium)
* automatyczny wentylator

Moduły czujników światła

Przewidziano dwa rodzaje czujników światła: fotorezystor i fototranzystor, pokazane na r**ys. 1.2. i 1.3.** W obu przypadkach napięcie wyjściowe czujnika zmienia się wraz ze zmianą oświetlenia. Zależnie od wymagania następnego (procesorowego) modułu trzeba wybrać układ o wzrastającym albo zmniejszającym się pod wpływem oświetlenia spadku napięcia. W obu układach na **rys. 1.2.** do detekcji poziomu oświetlenia został zastosowany fotorezystor. Wraz ze wzrostem oświetlenia w układzie a) wzrasta napięcie wyjściowe, a w układzie b) maleje. Do regulacji czułości służy potencjometr. Rezystor 1kΩ ogranicza prąd przy minimalnej oporności potencjometru.

Zaleta:
fotorezystory są łatwe w użyciu a ich czułość na światło jest wysoka.

Wada:
reakcja fotorezystora na zmiany oświetlenia jest powolna.

Czujnik z fototranzystorem

W schematach na **rys. 1.3.** fotorezystor został zastąpiony fototranzystorem npn. Fototranzystor działa w inny sposób niż fotorezystor, nie wpływa to jednak na sposób jego użycia. Trzeba zwrócić uwagę na fakt, że wyprowadzenie bazy, jeżeli w ogóle istnieje, nie jest używane. W urządzeniach wymagających wysokiej czułości można stosować fototranzystory Darlingtona. Tranzystory Darlingtona będą opisane dalej.

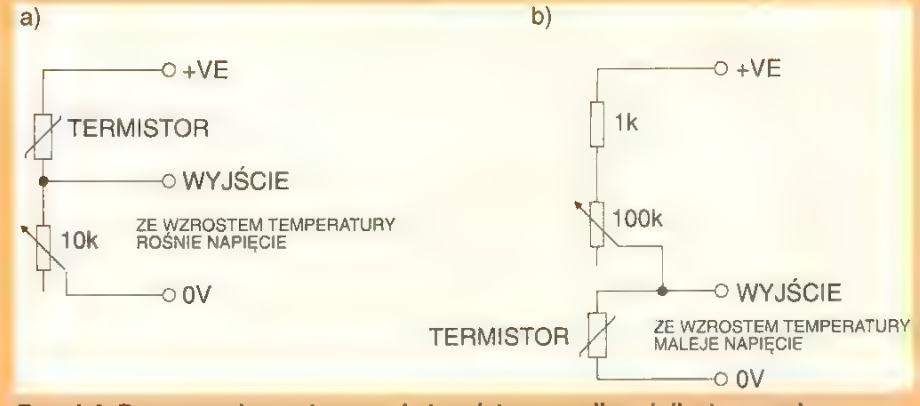
Zaleta:
fototranzystory reagują znacznie szybciej na zmiany oświetlenia niż fotorezystory.

Wada:
fototranzystory są mniej czułe na niewielkie zmiany oświetlenia od fotorezystorów. Nie dotyczy to fototranzystorów Darlingtona.

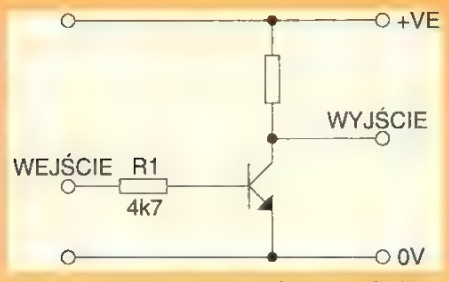
Czujniki temperatury

Jako czujników temperatury często używa się termistorów. Do tego celu nadają się termistory każdego rodzaju. W układzie na **rys. 1.4.** zastosowano termistor o ujemnym współczynniku termicznym (NTC), którego oporność w temperaturze pokojowej wynosi 4,7kΩ. Termin "ujemny współczynnik temperaturowy" oznacza, że ze wzrostem temperatury oporność termistora maleje.

Każdy z dwóch przedstawionych na ilustracji układów dostarcza napięcia wyjściowego, które zmienia się wraz ze zmianami temperatury. Zależnie od wyma-



Rys. 1.4. Dwa sposoby zastosowania termistora w roli czujnika temperatury.



Rys. 1.5. Układ przełączający z pojedynczym tranzystorem.

gań następnego (procesorowego) modułu trzeba wybrać układ o wzrastającym lub zmniejszającym się pod wpływem temperatury spadku napięcia.

UWAGA: Jeżeli układ z **rys. 1.4b.** zostanie połączony ze wzmacniaczem tranzystorowym (moduł procesorowy A), to potencjometr 10kΩ powinien zostać zastąpiony potencjometrem 470kΩ.

Moduły procesorowe

W zespole 1 jako moduły procesorowe służą cztery układy wzmacniająco-przełączające:

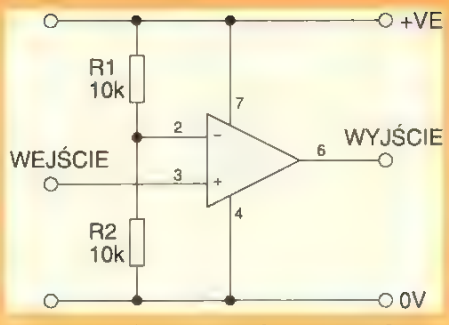
a. pojedynczy tranzystor przełączający,
b. przełączający wzmacniacz operacyjny,
c. przełączająca bramka logiczna.

Pojedynczy tranzystor przełączający

W roli pokazanego na **rys. 1.5.** przełącznika można użyć każdego tranzystora małej mocy, na przykład BC108, BC184L, BC549 itp. Rezystor R1 ogranicza prąd dopływający do bazy (b) tranzystora. Gdy napięcie wejściowe jest niższe od około 0,5V, to tranzystor pozostaje zablokowany poniżej progu przewodzenia, w wyniku czego napięcie wyjściowe jego kolektora (c) jest równe napięciu zasilania (o ile poza rezystorem R2 żadne obciążenie nie jest przyłączone do wyjścia).

Gdy napięcie wejściowe na R1 wzrośnie powyżej 0,7V, przez bazę tranzystora zacznie płynąć prąd, który wywoła przepływ prądu z kolektora do emitera (e). Wskutek tego na rezystorze R2 pojawi się spadek napięcia, czyli obniży się napięcie wyjściowe. Przy dostatecznym natężeniu prądu dopływającego do bazy napięcie kolektora obniży się do poziomu napięcia emitera, czyli w tym wypadku do zera. Tranzystor przejdzie w stan pełnego przewodzenia, czyli nasycenia.

Napięcie wejściowe, potrzebne do wprowadzenia tranzystora w stan pełnego przewodzenia, zależy głównie od wzmocnienia tranzystora oraz od oporności R1 i R2, a zwłaszcza tego ostatniego. W rezultacie zwiększenia jego oporności tranzystor zostanie nasycony przy niższym napięciu wejściowym. Inne czynniki, jak na przykład temperatura otoczenia, też wpływają na zależność napięcia wyjściowego od wejściowego. Przy podanych na **rys. 1.5.** opornościach R1 i R2 tranzystor



Rys. 1.6. Zastosowanie wzmacniacza operacyjnego jako przełącznika.

przejdzie w stan pełnego przewodzenia przy napięciu wejściowym około 1,4V.

Warto zwrócić uwagę na fakt, że układ odwraca sygnał wejściowy. Przy 0V na wejściu, na wyjściu jest napięcie dodatnie, a gdy dodatnie napięcie wejściowe jest dostatecznie duże, to napięcie wyjściowe spada do zera. Moduły wejściowe i wyjściowe muszą być do tego dostosowane.

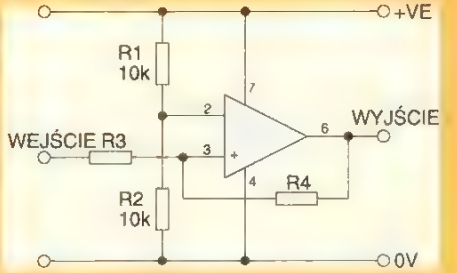
Natężenie prądu wyjściowego z kolektora tranzystora zależy od napięcia zasilającego i od oporności rezystora obciążającego R2. Przy napięciu zasilania 12V i oporności 1kΩ prąd ten wyniesie około 12mA. Typ tranzystora musi zostać wybrany z uwzględnieniem natężenia prądu płynącego w stanie jego pełnego przewodzenia. Podsumowanie jednotranzystorowego przełącznika z **rys. 1.5.** jest następujące:

Zalety:
szybki i łatwy montaż,
osiągalny znaczny prąd wyjściowy,
bezproblemowa obsługa,
niska cena.

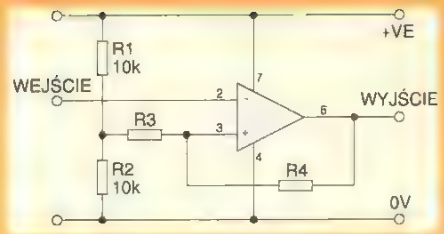
Wady:
mniejsza czułość niż procesorów (b) i (c),
nieprzewidywalne wzmocnienie napięciowe.

Przełączający wzmacniacz operacyjny

W układzie przełączającym na **rys. 1.6.** wykorzystano wzmacniacz operacyjny skonfigurowany jako komparator. Istnieją wprawdzie wzmacniacze operacyjne specjalnie przeznaczone do użycia w formie komparatorów, ale w konstrukcjach opisanych w niniejszej serii artykułów można użyć każdego pojedynczego standardowego wzmacniacza operacyjnego, jak np. 741. Przeznaczenie wyprowadzeń o poniższych numerach jest jednakowe we wszystkich standardowych pojedynczych wzmacniaczach operacyjnych.



Rys. 1.7. Nieodwracający wzmacniacz operacyjny jako przerzutnik Schmitta.



Rys. 1.8. Odwracający wzmacniacz operacyjny jako przerzutnik Schmitta.

7 - dodatni biegun zasilania,
4 - ujemny biegun zasilania,
6 - wyjście,
2 - wejście odwracające (-),
3 - wejście nieodwracające (+),
1, 5 i 8 - służą do różnych innych celów i do opisanych zastosowań nie należy ich używać.

Powyższe informacje są schematycznie przedstawione na **rys. 1.14.**

Wzmacniacze operacyjne w zasadzie zasila się dwoma napięciami, czyli doprowadza się do nich napięcie dodatnie (+VE), masę (0V) i napięcie ujemne. W wielu jednak przypadkach można je zasilać jednym napięciem, tak jak pokazuje **rys. 1.6.** Dwa rezystory, R1 i R2 utrzymują wejście odwracające, końcówkę 2, pod napięciem odniesienia. W tym przypadku R1 i R2 są jednakowe, zatem napięcie odniesienia jest równe połowie napięcia zasilania. Można je jednak modyfikować w zależności od potrzeb innych części układu.

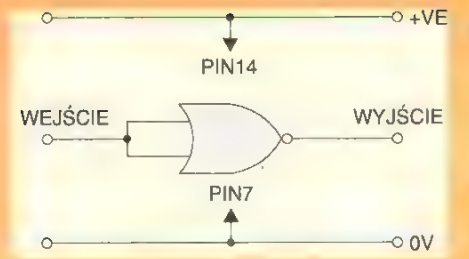
Jeżeli napięcie na wejściu nieodwracającym (końcówka 3) jest niższe od napięcia odniesienia, to napięcie wyjściowe na końcówce 6 jest niskie. Natomiast gdy napięcie wejściowe jest wyższe od napięcia odniesienia, to napięcie wyjściowe jest wysokie.

Określenia "niskie" i "wysokie" są względne, a napięcia jakie oznaczają, zależą od typu zastosowanego wzmacniacza operacyjnego, napięcia zasilania i oporności przyłączonego obciążenia. Można przyjąć bardzo ogólną regułę, że wartość graniczna napięcia wyjściowego wzmacniacza operacyjnego jest niższa o około 1V od dodatniego napięcia zasilania (+VE) i o około 1V wyższa od ujemnego napięcia zasilania (0V). Istnieją jednak takie specjalne wzmacniacze operacyjne, których napięcie wyjściowe jest zbliżone do napięcia zasilającego. Jednym z nich jest komparator LM311N.

Prąd wyjściowy wzmacniacza operacyjnego zależy również od jego typu i od napięcia zasilania, ale można ogólnie przyjąć, że wynosi on co najmniej 5mA. Wzmacniacze operacyjne mają wewnętrzne ograniczniki prądu i pod wpływem zwarcia wyjścia nie ulegają zniszczeniu.

Do zaznajomienia się z zakresem napięć i wydajnością prądową przy określonym napięciu zasilania danego wzmacniacza operacyjnego potrzebne będą jego dane katalogowe.

Kierunek przełączania układu pokazanego na **rys. 1.6.** jest zgodny z kierunkiem zmian napięcia wejściowego, czyli jest on układem nieodwracającym. W razie potrzeby można jednak przez zamianę końcówek



Rys. 1.9 Przełącznik z bramki logicznej NOR.

wejściowych 2 i 3 otrzymać układ odwracający.

Nieodwracający wzmacniacz operacyjny - przerzutnik Schmitta

W zasadzie układ z **rys. 1.6.** przełącza w sposób zadowalający. W niektórych jednak zastosowaniach korzystne jest zmniejszenie jego czułości. Na przykład układ automatycznie włączający o zmroku oświetlenie, może w krytycznym punkcie wykazywać wahania i wielokrotnie włączać i wyłączać światło. Temu efektowi da się zapobiec przez wprowadzenie wywołującego histerezę dodatniego sprzężenia zwrotnego, jak w układzie przedstawionym na **rys. 1.7.** Różni się on od poprzedniego jedynie dwoma rezystorami: wejściowym R3 i sprzężenia zwrotnego R4. Od oporności tych rezystorów zależy stopień obniżenia czułości. Taki układ nazywa się przerzutnikiem Schmitta.

Dokładne poziomy przerzutu przerzutnika, odniesione do napięcia wejściowego, da się obliczyć, ale dla tej serii artykułów można przyjąć oporność 10kΩ rezystora R3 i potencjometr montażowy 100kΩ jako rezystor R4.

Odwracający wzmacniacz operacyjny - przerzutnik Schmitta

Odwracający przerzutnik Schmitta jest przedstawiony na **rys. 1.8.** Działa on podobnie do układu z **rys. 1.7**, tylko w przeciwnym kierunku. R3 w tym wypadku łączy wejście z dzielnikiem R1-R2. Można zacząć od R3 o oporności 10kΩ, a dla R4 przyjąć 47kΩ lub potencjometr 100kΩ. W odwracających przerzutnikach Schmitta R3 często można całkowicie pominąć, zastępując go połączeniem bezpośrednim. Najlepsze rezultaty osiąga się eksperymentalnie.

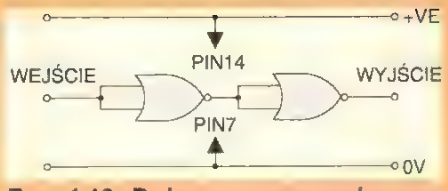
A oto podsumowanie przełączających wzmacniaczy operacyjnych, przedstawionych na **rys. 1.6. do 1.8.**

Zalety:

bardzo duże wzmocnienie napięciowe,
łatwe w obsłudze,
przewidywalne wyniki w granicach danych technicznych,
możność polepszenia właściwości przez dodanie sprzężenia zwrotnego.

Wady:

zakres zmian napięcia wyjściowego jest zwykle mniejszy od napięcia zasilającego,
jest nieco droższy od tranzystora,



Rys. 1.10. Dwie szeregowo połączone bramki NOR przyspieszają reakcję wyjścia na powoli zmieniające się napięcie wejściowe.

więcej wymagających połączenia końcówek.

Przełączająca bramka logiczna

Przykład przełączającej bramki logicznej jest pokazany na **rys. 1.9.** W układzie tym można stosować niemal wszystkie rodzaje bramek, AND, NAND, OR, NOR i oczywiście inwertery (bramki NOT) i bufory. Zaleca się stosowanie układu CMOS 4001B.

Jest to 14-końcówkowy układ scalony, zawierający cztery podwójne bramki NOR. Wybrano ten właśnie, ponieważ jest on bardzo użyteczny także w innych zastosowaniach, a pozostają trzy dodatkowe bramki, które można użyć w innych częściach tego samego układu.

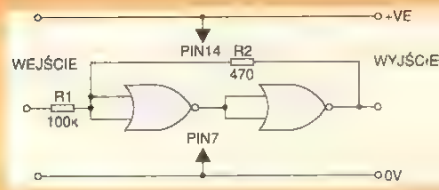
Dwa wejścia bramki łączy się ze sobą, co zmienia bramkę NOR w jednowejściowy inwerter, czyli w bramkę NOT. Można użyć dowolną z czterech bramek, rozmieszczenie ich wyprowadzeń można znaleźć na **rys. 1.14.** Wejścia wszystkich nie używanych bramek należy połączyć z +VE lub 0V.

Bramka CMOS serii 4000 nie pobiera niemal żadnego prądu. Prąd wyjściowy zależy od napięcia zasilającego i maksymalnego dopuszczalnego napięcia wyjściowego. Zazwyczaj przy napięciu zasilania 5V i napięciu wyjściowym 4,6V w stanie logicznym 1 bramka taka dostarcza około 0,88mA prądu wyjściowego. Prąd ten może wynieść około 4mA, jeżeli dopuszczalne napięcie w stanie logicznym 1 wynosi 2,5V. Osiągalny prąd wyjściowy rośnie ze wzrostem napięcia zasilania.

Można przyjąć za praktyczną zasadę, że gdy napięcie wejściowe jest niższe od połowy napięcia zasilania, to napięcie wyjściowe powinno być dodatnie, gdy natomiast napięcie wejściowe jest wyższe od połowy napięcia zasilania, to napięcie wyjściowe powinno wynosić 0V. W katalogach znajdują się dokładne dane. Ale można założyć, że wyjście zmienia stan, gdy napięcie wejściowe przekroczy połowę napięcia zasilania.

Jeżeli jednak napięcie wejściowe zmienia się powoli, to napięcie wyjściowe będzie zmieniać stan w sposób niekoniecznie zdecydowany, w miarę zmieniania się napięcia wejściowego wykazując tendencję do wahania się wokół poziomu pośredniego. Może to przerzucać następne bramki w błędne stany logiczne, co często wywołuje generację szybkich impulsów wyjściowych.

Trzeba pamiętać, że bramki NOR odwracają logiczny stan wejściowy, moduły wejściowe i wyjściowe muszą zatem to



Rys. 1.11. Przełącznik z przerzutnika Schmitta.

uwzględniać. Do przywracania polaryzacji logicznej można używać szeregowego połączenia dwóch bramek NOR. Zamiast tego może zostać użyta bramka OR.

Stosowanie dwóch bramek

Użycie szeregowego połączenia dwóch bramek odwracających znacznie przyspiesza zmianę stanu logicznego w stosunku do powoli zmieniających się napięć wejściowych i przywraca pierwotną polaryzację stanów logicznych. Do bramek odwracających należą bramki NOR, NAND, i NOT (inwerter). Przykład układu dwóch bramek NOR jest zamieszczony na **rys. 1.10.**

Gdy napięcie wejściowe wzrośnie powyżej połowy napięcia zasilającego, napięcie wyjściowe zostanie szybko przerzucone ze stanu logicznego 0 do stanu logicznego 1 (czyli od napięcia 0V do napięcia zbliżonego do zasilającego). Odwrotnie, gdy napięcie wyjściowe spadnie poniżej połowy napięcia zasilania, to napięcie wyjściowe przerzuci się z powrotem do stanu 0V. Jak już wspomniano, ten rodzaj układu jest skłonny do generowania przypadkowych impulsów wyjściowych, gdy napięcie wejściowe powoli przechodzi przez wartość progową.

Przełączający przerzutnik Schmitta

Przełącznik w postaci złożonego z dwóch bramek NOR przerzutnika Schmitta da się utworzyć z układu przedstawionego na **rys. 1.10**, przez wprowadzenie sprzężenia zwrotnego. Jest on pokazany na **rys. 1.11.** Ten rodzaj układu zapobiega generacji szybkich impulsów wyjściowych przy powolnych zmianach napięcia wejściowego. Jednak w niektórych układach tego rodzaju impulsy nie są szkodliwe.

Do obwodu wejściowego zostaje wprowadzony szeregowy rezystor R1, a rezystor R2 ustala sprzężenie zwrotne. Przy opornościach podanych na **rys. 1.11.** wyjście przerzuci się w stan logicznej 1, gdy napięcie wejściowe przekroczy dwie trzecie napięcia zasilania. Jednak przerzut wyjścia z powrotem do stanu logicznego 0 nastąpi dopiero po obniżeniu się napięcia wejściowego do jednej trzeciej napięcia zasilania. Przy przechodzeniu przez napięcia progowe nie ma żadnego wahania. Rozwiązanie takie jest bardzo korzystne, chociaż jest okupione obniżeniem czułości układu. Poziomy progów przełączania można zmieniać dobierając oporności R1 i R2.

Istnieją logiczne układy scalone z gotowymi przerzutnikami Schmitta. Na przykład

układ CMOS 4093B zawiera cztery podwójne bramki NAND o ustalonych progach przełączania.

Ochrona układów CMOS

Impedancja wejściowa układów CMOS jest bardzo wysoka, co jest bardzo użyteczne, ale są one przez to znacznie podatniejsze na zniszczenie przez elektrostatycznie generowane wysokie napięcia. Ładunki elektrostatyczne często zbierają się na ciele poruszającego się człowieka w ilości wystarczającej do zniszczenia dotkniętego układu scalonego CMOS. Następujące środki ostrożności pozwalają uniknąć zniszczeń, wywołanych przez ładunki elektrostatyczne:

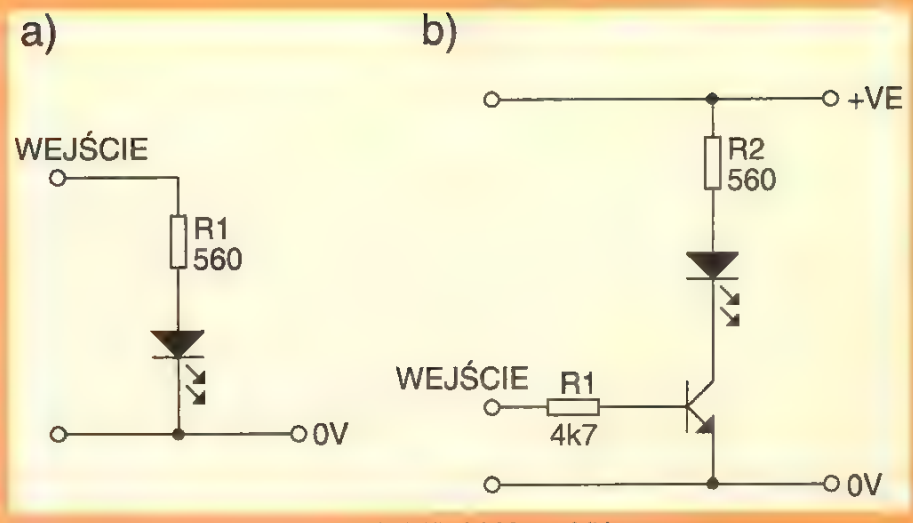
1 Połącz wszystkie nie używane wejścia układu scalonego z 0V lub +VE. (Wyjść nie łącz z niczym.)
2 Dotknij uziemionego przedmiotu zanim dotkniesz wyprowadzeń układu scalonego.
3 Użyj podstawki pod układ scalony i umieść go w niej dopiero na zakończenie montażu.

Gdy układ jest już zainstalowany, pozostałe podzespoły odprowadzają ładunki elektrostatyczne i można dotykać wyprowadzeń układu bez specjalnej ostrożności. Jednak lepiej uprzednio odprowadzić z siebie ładunki.

Podsumowanie własności logicznych bramek przełączających jest następujące:

Zalety:
wysoka czułość,
nie wymagają niemal żadnego prądu wejściowego,
bardzo niewielki pobór prądu zasilającego (czasami można je łączyć na stałe z baterią nie powodując jej szybkiego rozładowania),
użyteczne, gdy w urządzeniu potrzeba więcej bramek, ponieważ jeden układ zawiera zwykle cztery bramki a czasem więcej.

Wady:
łatwo ulega uszkodzeniu ładunkiem elektrostatycznym,
nie używane wejścia muszą być połączone z jedną z końcówek zasilania,
trzeba poprawnie połączyć 14 końcówek.



Rys. 1.12. Dwa sposoby sterowania LED, (a) bierny i (b) czynny.

Moduły wyjściowe

Wymagany rodzaj obwodu wyjściowego zależy od sterowanego urządzenia. Jeżeli jest potrzebny jedynie prosty wskaźnik LED, to wyjście każdego z omówionych już procesorów można połączyć z układem pokazanym na **rys. 1.12**, ale LED nie będzie świecić bardzo jasno (użycie niskoprądowej LED o dużej jasności może to nieco poprawić).

Rezystor R1 ogranicza prąd płynący przez LED, chociaż jak już omówiono, poprzedni stopień ogranicza go do kilku tylko miliamperów.

Jeżeli jednak zastosować moduł procesorowy A (pojedynczy przełącznik tranzystorowy na **rys. 1.5.**), LED ze swoim rezystorem mogą zastąpić rezystor R2 w sposób przedstawiony na **rys. 1.12b**, czyniąc sygnalizację znacznie jaśniejszą. Większe natężenia prądu mogą być sterowane za pomocą modułów wyjściowych, pokazanych na **rys. 1.13**, a będących odmianami układu z **rys. 1.12**.

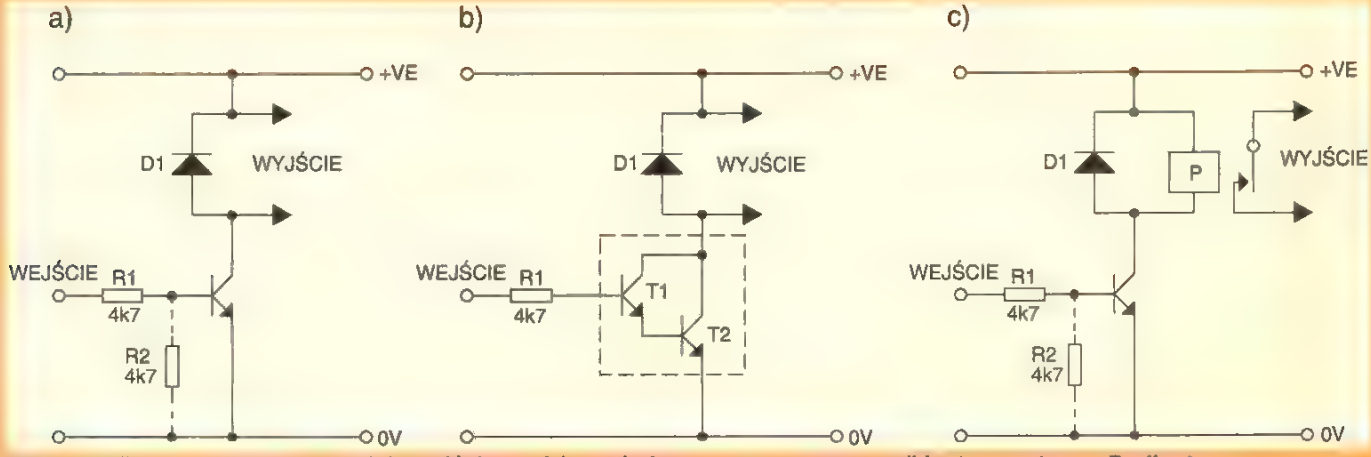
Jednotranzystorowy układ wyjściowy

Pojedynczy tranzystor, jak przedstawia **rys. 1.13a.**, jest prostym wzmacniaczem napięcia lub prądu. Jeżeli zostanie użyty tranzystor o dużym wzmocnieniu, jak np. BC108, BC184L, czy BC549, to zakładając prąd bazy 1mA, można się spodziewać w obwodzie kolektora prądu co najmniej 100mA.

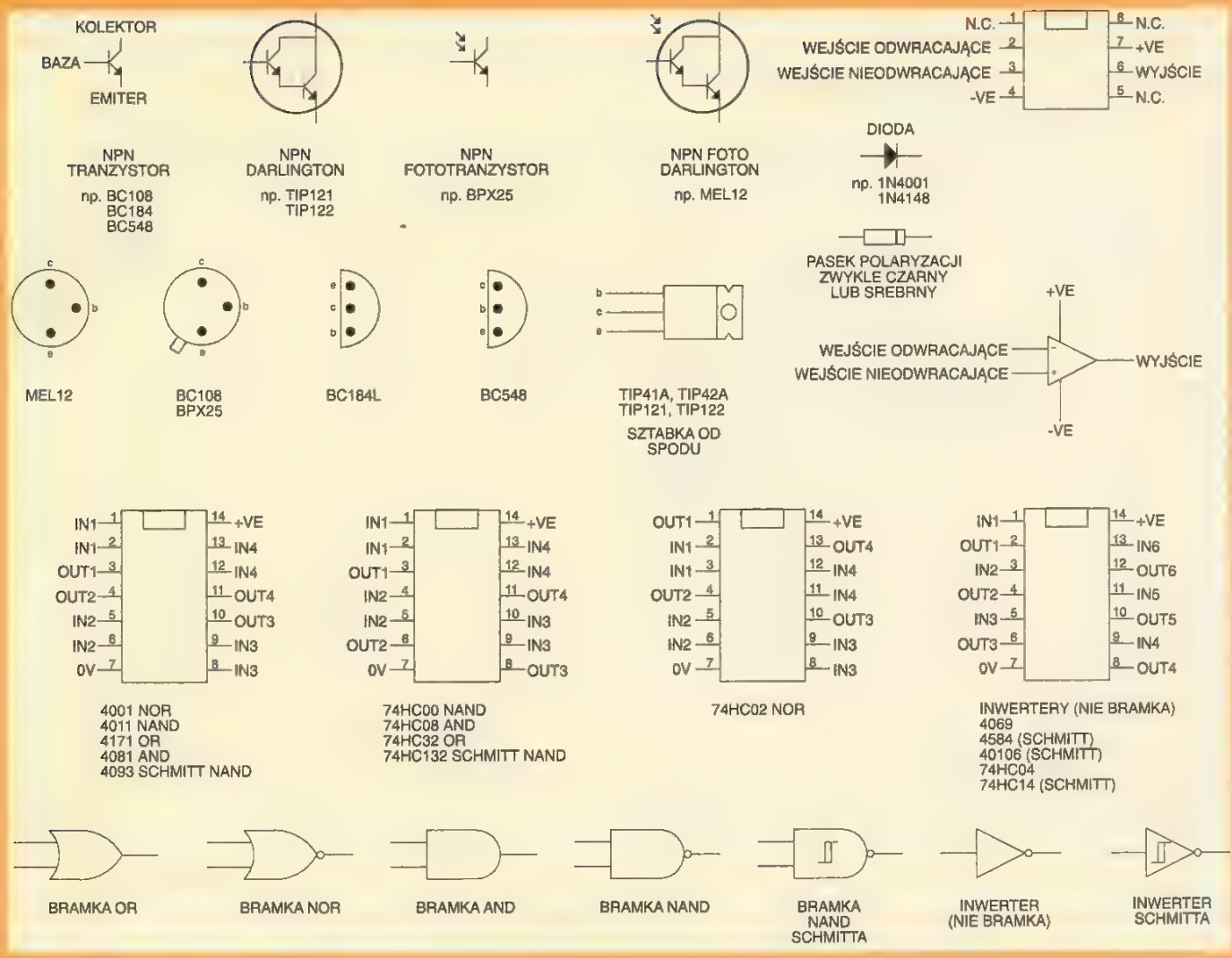
Jeżeli napięcie wejściowe jest niższe od 0,5V, to urządzenie wyjściowe jest wyłączone. Zostaje ono włączone, gdy napięcie wejściowe przekroczy 0,7V. Urządzenie wyjściowe jest włączone pomiędzy kolektor a dodatni biegun zasilacza, w punktach wskazanych przez strzałki.

W niektórych urządzeniach elektromagnetycznych, jak przekaźniki i silniki, szczególnie w momentach ich wyłączania, powstają przepięcia o charakterze impulsowym. Dioda D1 tłumi te impulsy i zapobiega uszkodzeniu tranzystora. Do tego celu może zostać użyta każda dioda krzemowa, np. 1N4148 lub 1N4001. Dioda ta musi być skierowana we właściwym kierunku, to znaczy od strony paska oznaczającego katodę (k) powinna być przyłączona do dodatniego bieguna zasilania. Można ją pominąć w razie nieindukcyjnego obciążenia.

Układ ten można połączyć z każdym z uprzednio opisanych procesorów. Jednakże w przypadku jednego z układów ze wzmacniaczem operacyjnym napotyka się na nie-



Rys. 1.13. Trzy proponowane moduły wyjściowe, (a) z pojedynczym tranzystorem, (b) z tranzystorem Darlingtona, (c) z przekaźnikiem.



Rys. 1.14. Zestawienie podstawowych symboli schematowych.

wielki problem. Jak już wspomniano, zakres napięć wyjściowych wielu wzmacniaczy operacyjnych jest mniejszy od napięcia zasilania. Najniższe napięcie wyjściowe może wynosić 1V, a zatem jest wyższe od 0,7V, progu przewodzenia krzemowych tranzystorów npn. W takim przypadku bez przystosowania układu wzmacniacz operacyjny nie będzie w stanie zablokować tranzystora.

Odpowiednia modyfikacja sprowadza się do wprowadzenia rezystora R2 pomiędzy bazę a końcówkę 0V. Rezystor ten tworzy wraz z rezystorem R1 dzielnik napięcia, który obniża minimalne napięcie bazy (b) tranzystora poniżej progu jego przewodzenia. Jeżeli, jak na **rys. 1.13a**, oporność rezystorów R1 i R2 wynosi 4,7kΩ, to minimalne napięcie bazy będzie połową minimalnego napięcia wejściowego.

Układ wyjściowy Darlingtona

Parą Darlingtona nazywa się układ dwóch tranzystorów połączonych w sposób przedstawiony na **rys. 1.13b**. TR1 jest tranzystorem małej mocy o dużym wzmocnieniu, jak BC108 lub BC184L, a TR2 tranzystorem dużej mocy o niskim wzmocnieniu, jak TIP41A. Połączone w ten sposób, tranzystory te działają jak jeden tranzystor o dużym wzmocnieniu i dużej mocy, łączą zatem zalety obu składników. Do wyjścia tego układu, w miejscu oznaczonym przez strzałki, można przyłączyć takie urządzenia jak lampy, syreny, silniki itp.

Wymagany prąd wejściowy, przy zasilaniu 12V, jest mniejszy od 1mA, a prąd wyjściowy dochodzi do 3A. Dioda D1 jest konieczna z powodów już poprzednio opisanych.

Kropkowana ramka na **rys. 1.13b.** oznacza, że można użyć także pojedynczego tranzystora, wykonanego w konfiguracji Darlingtona. Wygląda on jak zwykły tranzystor mocy, zawiera jednak wewnątrz również mały tranzystor o wysokim wzmocnieniu. Często jest on tańszy od dwóch oddzielnych tranzystorów i jest łatwiejszy w montażu. Jedyną jego wadą jest mniejszy wybór typów. Do niniejszego zastosowania typy TIP121 lub TIP122 nadają się tak samo dobrze jak poprzednio wymienione pary.

Napięcie progowe tranzystora Darlingtona (ponad 1,4V) jest dwukrotnie wyższe niż napięcie progowe zwykłego krzemowego tranzystora npn, układ ten może więc być sterowany przez każdy wzmacniacz operacyjny bez dodatkowego dzielnika napięcia.

Przekaźnikowy układ wyjściowy

Układ przekaźnikowy, pokazany na **rys. 1.13c.**, zapewnia całkowitą izolację elektryczną pomiędzy obwodem wyjściowym modułu, a sterowanym urządzeniem. Jest to ważne gdy układ steruje np. lampą zasilaną z sieci elektrycznej.

Stosuje się w nim tranzystor małej mocy o dużym wzmocnieniu, jak BC108 lub BC184L. Cewka przekaźnika jest włączona pomiędzy kolektorem (c) tranzystora a dodatnim biegunem zasilacza. (W niektórych wypadkach może zostać połączona z innym zasilaczem zasilającym inne obwody układu.) Dioda bocznikująca cewkę przekaźnika, jak opisano powyżej, eliminuje przepięcia. Może to być dowolna dioda krzemowa, np. 1N4001 lub 1N4148. Styki przekaźnika używane są w taki sam sposób jak styki wyłącznika.

Prąd pobierany z zasilacza 12V przez tranzystor wynosi około 1mA. Cewka przekaźnika wymaga prądu około 100mA. Można użyć przekaźnika o oporności cewki 150Ω lub więcej.

Dopuszczalny prąd styków przekaźnika zależy od jego typu. Szeroki wybór przekaźników można znaleźć w katalogach dostawców sprzętu.

W obwodzie bazy tranzystora w tym układzie może być potrzebny dodatkowy rezystor, podobnie jak na **rys. 1.13a**.

W podsumowaniu trzech modułów wyjściowych, przedstawionych na **rys. 1.13.**, trzeba wymienić:

Układ jednotranzystorowy

Zalety:
tani i prosty,
działa cicho,
w razie potrzeby wyjście daje się łatwo włączyć i wyłączyć.
Wady:
urządzenie wyjściowe (lampa, brzęczyk itp.) jest zasilane z tego samego zasilacza co układ,
urządzenie wyjściowe nie jest elektrycznie izolowane od układu,
z wyjścia daje się pobierać prąd o niewielkim jedynie natężeniu.

Para Darlingtona

Zalety:
tani,
działa cicho,
w razie potrzeby wyjście daje się łatwo włączyć i wyłączyć,
z wyjścia daje się pobierać prąd o znacznym natężeniu.
Wady:
urządzenie wyjściowe (lampa, brzęczyk itp.) jest zasilane z tego samego zasilacza co układ,
urządzenie wyjściowe nie jest elektrycznie izolowane od układu.

Układ przekaźnikowy

Zalety:
"czyste" przełączanie,
styki są całkowicie odizolowane od układu, można więc przełączać urządzenia pod napięciem sieci,
można używać przekaźniki z kilkoma systemami styków.
Wady:
przy częstym używaniu styki ulegają erozji, z powyższego powodu trzeba unikać częstego włączania i wyłączania,
stosunkowo powolna reakcja,
wymaga diody tłumiącej przepięcia,
pobiera znaczny prąd,
wydaje stukające dźwięki.

Realizacja projektu

Teraz można dokonać wyboru układu opierając się dokładnie na tym, do czego ma on służyć. Nie istnieje jedyny właściwy sposób postępowania w tym względzie. Poszczególni projektanci podejmują różne rozwiązania, które wszystkie mogą być słuszne. Wybór zależy od osobistych preferencji lub uprzedzeń, ale trzeba starać się, aby fakty były porównywane uczciwie.

Drugi moduł (procesor lub wzmacniacz) czasem może zostać pominięty, a moduł wejściowy bezpośrednio połączony z wyjściowym. Byłoby to prawdopodobnie wystarczającym rozwiązaniem, gdy czujnikiem wejściowym jest fotooporник, ale w innych przypadkach moduł ten jest jednak przydatny. W razie wątpliwości (lub w celu uniknięcia zbyt wielu obliczeń) warto poeksperymentować.

Po ustaleniu do czego układ ma służyć, trzeba poczynić następujące kroki:

1 Sporządzić schemat blokowy realizujący wymagane funkcje.
2 Wybrać moduły spełniające te wymagania.
3 Narysować kompletny schemat układu, nie zapominając o jednym przynajmniej omówionym wcześniej kondensatorze wygładzającym i ewentualnie o wyłączniku.
4 Oznaczyć wszystkie elementy: rezystory R1, R2 itd., tranzystory TR1, TR2 itd.
5 Oznaczyć wszystkie wartości i typy: np. 10kΩ, BC108 itd.
6 Wykonać układ, albo tymczasowo na uniwersalnej płytce drukowanej, albo/i docelowo na płycie specjalnie zaprojektowanej.
7 Sprawdzić układ.

Testowanie układu

Poniższe wskazówki sprawdzania układów i odszukiwania błędów dotyczą co prawda modułów opisanych w tym artykule, ale podstawowe ich zasady odnoszą się do testowania wszystkich układów.

Po skończeniu montażu, układ trzeba dokładnie sprawdzić, pamiętając że efektem każdego błędu w schemacie i w montażu może być zniszczenie elementów. Jeżeli posiada się zasilacz o niewielkiej wydajności prądowej, ograniczonej do np. 100mA, do sprawdzania należy użyć tego zasilacza. Jego napięcie musi oczywiście być zgodne z wymaganym napięciem zasilania testowanego układu (czyli np. 12V do układu 12-woltowego).

Jeżeli układ jest przeznaczony do sterowania silnikiem, elektromagnesem, czy innym urządzeniem pobierającym ponad 100mA należy tymczasowo zastąpić ten odbiornik rezystorem o niskiej oporności, na przykład 1kΩ, i mierzyć woltomierzem zmieniające się na nim napięcie. Trzeba unikać stosowania woltomierza zamiast obciążenia, łatwo go bowiem przeciążyć w razie przełączenia na zbyt czuły zakres, zwłaszcza gdy zasilacz nie ogranicza prądu.

Po włączeniu zasilania należy doregulować potencjometrem czułość modułu czujnika. W większości przypadków za pomocą kręcenia potencjometrem z jednej skrajnej pozycji w drugą można włączać i wyłączać obwód wyjściowy. Trzeba sprawdzić następnie, czy zmiana oświetlenia (lub temperatury) wywołuje pożądany sposób przełączania wyjścia.

Po sprawdzeniu że układ działa można go połączyć z docelowym zasilaczem lub przewidzianą baterią.

Odszukiwanie błędów

Jeżeli badany układ działa poprawnie od pierwszego razu, to znaczy że testujący ma albo dużo szczęścia albo doświadczenie. Najmniejszy błąd może uniemożliwić działanie układu. Nie trzeba się wtedy zniechęcać, tylko odnaleźć błąd! Pomogą w tym następujące wskazówki:

1 Dokładnie obejrzeć układ, poszukując takich oczywistych błędów jak "zimne lutowania" (nie przewodzące, źle zlutowane połączenia) i zwarcia. Do poszukiwań użyć dobrej lupy.
2 Sprawdzić kierunek połączeń wszystkich elementów (z wyjątkiem rezystorów i zwykłych kondensatorów). Czy układ scalony został wstawiony do podstawki?
3 Sprawdzić wielkości i oznaczenia wszystkich elementów .

Jeżeli układ nadal odmawia poprawnego działania, to trzeba użyć woltomierza w następujący sposób:

1 Połączyć ujemny przewód woltomierza z biegunem 0V układu.
2 Połączyć dodatni przewód woltomierza z dodatnim biegunem zasilania (+VE). Woltomierz powinien wskazać 12V.
3 Sprawdzić wartości napięcie w poszczególnych punktach układu używając dodatniego przewodu woltomierza jako sondy. Czy odpowiadają oczekiwaniom?
4 Sprawdzić wyprowadzenia 0V i 12V wszystkich układów scalonych. Czy wartości napięcia są właściwe?

Celem zidentyfikowania błędnego modułu należy:

Połączyć sondę z wyjściem każdego z modułów i tak jak opisano powyżej pokręcać potencjometrem czujnika. Czy wyjścia reagują w opisany sposób?

Gdy już wiadomo, w którym module jest błąd, należy sprawdzić go dokładnie wraz z elementami. Jeżeli są one nowe, znacznie bardziej prawdopodobną przyczyną błędu jest raczej złe lub niewłaściwe połączenie niż wadliwy element. Jeżeli podejrzenie kieruje się jednak na element, zwłaszcza półprzewodnik taki jak tranzystor lub układ scalony, to łatwiej będzie spróbować zastąpić go innym, niż próbować go sprawdzać.

W drugiej części

zostaną omówione moduły włączników alarmu, timerów i niezawodnych układów wyjściowych.

Przykładowy projekt

Układ alarmu temperaturowego (w tym samym numerze) ilustruje sposób, w jaki powyższe moduły dają się zestawić w praktyczne urządzenie.

MAX Horsey

Artykuł publikujemy na podstawie umowy licencyjnej z angielskim miesięcznikiem Everyday Practical Electronics.

ALARM TERMICZNY

Jest to pierwszy przykład praktycznego zastosowania "klocków elektronicznych" opisywanych w poprzednim artykule. Modularny alarm ostrzega akustycznie, gdy w strzeżonym obiekcie robi się za gorąco.

Niniejszy projekt opiera się na informacjach zawartych w pierwszej części artykułu "System projektowania modułowego" i pokazuje jak wybrać moduły oraz jak je zestawić w działające urządzenie. Jego zadaniem jest uruchamianie brzęczyka, gdy temperatura czujnika przekroczy zadany poziom. Można go zastosować do nadzorowania temperatury w lodówce, zamrażarce, zasilaczu, telewizorze, czy akwarium z tropikalnymi rybkami.

Numery ilustracji oznaczone w niniejszym artykule jako **rys. 1.1.**, **rys. 1.2.** itp., odnoszą się do ilustracji zamieszczonych w poprzednim artykule - "System projektowania modułowego". Natomiast ilustracje oznaczone jako **rys. 1**, **rys. 2** itd. odnoszą się bezpośrednio do niniejszego tekstu.

Etapy projektowania

Pierwszą czynnością przy projektowaniu urządzenia jest sporządzenie wykazu jego podstawowych właściwości:

1. Urządzenie ma się mieścić w obudowie, a czujnik musi być umieszczony z dala od niego, z możliwością umocowania do nadzorowanego urządzenia.
2. Urządzenie ma być zasilane z baterii (lub zasilacza sieciowego).
3. Gdy temperatura wzrośnie powyżej nastawionego progu, powinien zadziałać brzęczyk lub syrena.

Schemat blokowy

Następnie należy narysować schemat blokowy urządzenia, w sposób jaki przedstawia **rys. 1.** Znalazły się w nim trzy moduły: czujnika temperatury, wzmacniacza i syreny. Przedstawiają one odpowiednio moduł wejściowy, moduł procesora i moduł wyjściowy, tak jak były uprzednio pokazane na **rys. 1.1.**

Wybór modułu wejściowego

Zalecanym czujnikiem temperatury do modułu wejściowego jest termistor. Jest to element tani i odporny, a z właściwym modułem procesora aż nadto czuły do danego zastosowania. Schematy odpowiednich modułów zostały przedstawione na **rys. 1.4.** Wybór modułu wejściowego z **rys. 1.4a.** lub **1.4b.** zależy od wymagań modułu procesora.

Wybór modułu procesora

Moduł procesora wybiera się spośród układów przedstawionych na **rys. 1.5** do **1.11**, z pojedynczym tranzystorem, wzmacniaczem operacyjnym i bramkami logicznymi CMOS. Wszystkie wzmacniają niewielkie zmiany napięcia obecne na wyjściu modułu wejściowego. Z przeglądu ich zalet i wad wynika, że wzmocnienie pojedynczego tranzystora jest nieprzewidywalne i nie wystarczy ono do danego zastosowania.

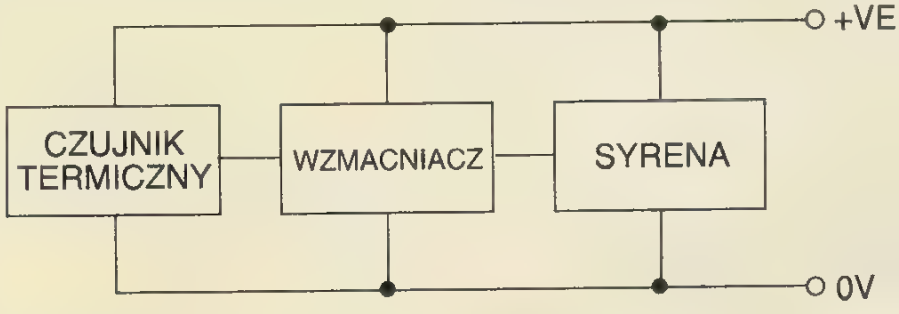
Do wyboru pozostaje więc zwykły wzmacniacz operacyjny typu 741 i bramki logiczne CMOS, jak np. bramki NOR typu 4001B. Wzmacniacz operacyjny wydaje się dobrym kandydatem do pełnienia roli procesora, jednak układ ma być na stałe zasilany z baterii, konieczna jest więc minimalizacja poboru prądu. Pod tym względem układ logiczny CMOS ma niewątpliwą przewagę, nie pobiera bowiem niemal w ogóle prądu w stabilnym stanie wejść, normalnym podczas monitorowania temperatury.

Potrzebny jest jeden tylko moduł wzmacniający, więc użycie CMOS 4001B może wydawać się rozrzutnością, zawiera on bowiem cztery dwuwejściowe bramki. Układ ten nie jest jednak droższy od wzmacniacza operacyjnego 741 i pomimo że jest on przeznaczony do układów logicznych, to bardzo dobrze działa jako moduł wzmacniający.

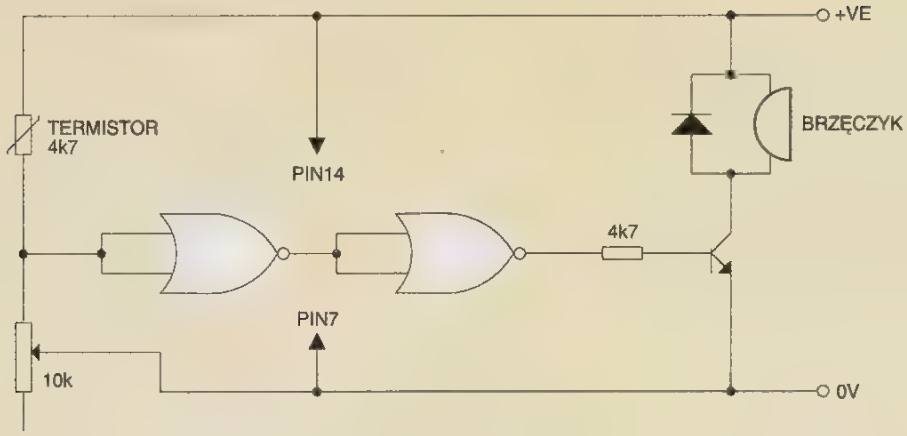
Ponowny rzut oka na **rys. 1.9** do **1.11** przywołuje do pamięci trzy możliwości: zastosowanie jednej bramki jako wzmacniacza, pary bramek zapewniającej szybki przerzut napięcia wyjściowego i układ przerzutnika Schmitta. Wersja z pojedynczą bramką w zakresie pomiędzy "bezpieczną temperaturą" a "niebezpieczeństwem" może wywoływać niezdecydowane dźwięki syreny. Wersja przerzutnika Schmitta obniży czułość układu, a termistor nie jest bardzo czułym detektorem. Pozostaje więc pokazany na **rys. 1.10.** układ dwubramkowy.

Wybór modułu wyjściowego

Prąd wyjściowy bramki CMOS serii 4000 może co najwyżej wysterować słabiutki brzęczyk, moduł wyjściowy powinien więc być wzmacniaczem prądu. Jeżeli prąd pobierany przez brzęczyk nie przekracza 100mA, wystarczy moduł z pojedynczym



Rys. 1. Schemat blokowy alarmu termicznego.



Rys. 2. Wstępny schemat zestawienia modułów.

tranzystorem, np. niskoprądowym BC184L, z **rys. 1.13a**. Jeżeli wymagane natężenie prądu jest większe, można użyć na przykład tranzystora 2N2219. Można też zdecydować się na parę Darlingtona z **rys. 1.13b**. Brzęczyk zasilany z sieci wymaga zastosowania przekaźnika, co umożliwia układ z **rys. 1.13c**.

W katalogach znajduje się sporo brzęczyków o poborze nie przekraczającym 100mA. Ostatecznie wybrano układ z pojedynczym tranzystorem z **rys. 1.13a**. Tranzystor przewodzi przy dodatnim napięciu na wejściu. Wybrany moduł procesora jest "nieodwracający", czyli dodatnie napięcie wejściowe wywołuje również dodatnie napięcie na wyjściu. Wniosek stąd, że czujnik temperatury winien dostarczać napięcia rosnącego ze wzrostem temperatury. Wymagania te spełnia układ z **rys. 1.4**.

Sporządzenie ostatecznego schematu

Teraz można narysować wstępny schemat elektryczny alarmu temperaturowego. Przedstawia go **rys. 2**. Pozostaje jeszcze do ustalenia kilka szczegółów, jak na przykład sposób połączeń końcówek układu scalonego. Numery końcówek wejściowych i wyjściowych bramek NOR 4001B trzeba odszukać na **rys. 1.14**. Które bramki będą użyte, jest całkowicie obojętne. W tym wypadku będą to wejścia 1 i 2 oraz 12 i 13, a związane z nimi wyjścia odpowiednio 3 i 11.

Trzeba pamiętać, że przy używaniu układów scalonych CMOS nie można pozostawiać nie połączonych żadnych wejść. Zatem pozostałe wejścia 5 i 6 oraz 8 i 9 należy połączyć z masą (0V) albo z zasilaniem (+VE), aby żadne z nich nie "wisiało". W tym wypadku najwygodniej połączyć je z masą. Natomiast wyjścia (4 i 10) powinny pozostać nie połączone.

Pobór prądu

W układzie czujnika warto wprowadzić ulepszenie. Jeżeli układ jest zasilany z baterii, przez termistor i potencjometr nieprzerwanie płynie prąd. Przy zasilaniu napięciem 9V w układzie z **rys, 1.4a**. będzie to prąd o natężeniu około 1mA. Całkowita oporność tej gałęzi jest bowiem w przybliżeniu równa sumie oporności termistora 4,7kΩ i takiej samej zwykle oporności potencjometru, czyli mniej więcej 10kΩ. Jak wiadomo, prąd jest równy napięciu podzielonemu przez oporność (I = U/R), natężenie prądu wyniesie 9V/10kΩ = 0,0009A, czyli w przybliżeniu 1mA.

Jeżeli układ jest zasilany z sieci lub z baterii, ale nie w sposób nieprzerwany, to pobór prądu nie stanowi problemu (chociaż w niektórych przypadkach wydzielanie dodatkowego ciepła nie jest obojętne). Jeżeli jednak układ jest w sposób ciągły zasilany z małej baterii, to każde zmniejszenie poboru prądu jest warte zachodu.

Wejścia bramek CMOS nie pobierają prądu zupełnie, pobierany prąd można więc zmniejszyć jedynie zwiększając opomość termistora, na przykład do 100kΩ (przy 25oC), i odpowiednio potencjometru do na przykład 220kΩ. Natężenie prądu pobieranego przez układ zmniejszy się dzięki temu do około 0,045mA.

Przy tak dużej oporności wejściowej, około 200kΩ, powstaje niebezpieczeństwo zakłócania działania układu przez szumy, zwłaszcza gdy termistor jest połączony z układem dłuższymi przewodami. Chociaż nie jest to zawsze niezbędne, to zablokowanie wejścia IC1a do masy za pomocą kondensatora C1, o pojemności 100nF (0,1μF), zapewni stabilność i niezawodność działania układu.

Odsprzęganie

Jak już wspomniano w pierwszej części artykułu "System projektowania modułowego", we wszystkich układach powinien znaleźć się co najmniej jeden kondensator blokujący, włączony pomiędzy biegunami zasilania. Jest on szczególnie potrzebny w układach zawierających brzęczyk lub inny podzespół wytwarzający zakłócenia elektryczne. Zadanie to wypełni kondensator elektrolityczny (C3) o pojemności 470μF, uzupełniony o kondensator 100nF (C2), który skuteczniej blokuje szybkie składowe zakłóceń. Wszystkie te uzupełniające szczegóły wraz z dodanym wyłącznikiem zasilania (S1) umożliwiają przygotowanie ostatecznego schematu, który jest przedstawiony na **rys. 3.**

Następny krok

Następnym krokiem przed przystąpieniem do projektowania płytki drukowanej, lub rozmieszczenia elementów na płytce uniwersalnej, powinno być dokładne sprawdzenie układu. Na tym etapie jest możliwe eksperymentowanie i ewentualne modyfikowanie układu. Niektórzy jednak nie lubią używać płytek uniwersalnych, ponieważ utrudniają orientację w zmontowanym układzie i odszukiwanie błędów.

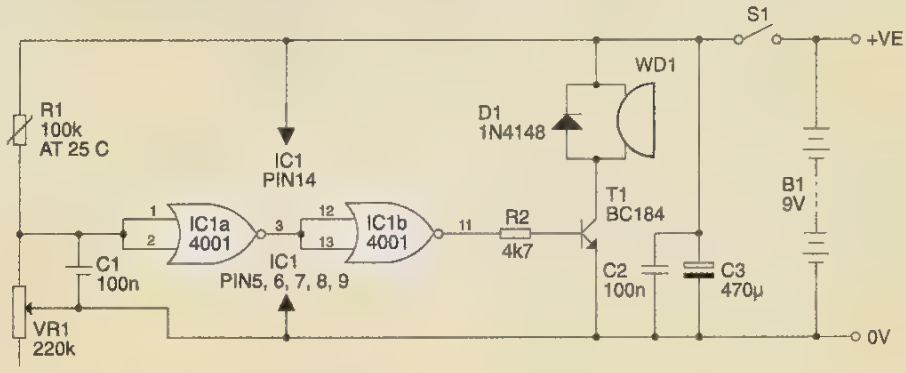
Montaż

W tym przypadku nie ma potrzeby projektowania płytki drukowanej, układ bowiem został zaprojektowany i sprawdzony przed publikacją, a gotowa płytka drukowana jest do nabycia w sieci handlowej AVT.

Montaż rozpoczyna się od umocowania podstawki układu scalonego, po czym wlutowuje się kolejno małe elementy. Rezystor R2 i kondensatory C1 i C2 mogą być umieszczone w dowolny sposób, ale dioda musi być skierowana oznaczającym katodę paskiem w stronę dodatniego bieguna zasilania, zaś kondensator elektrolityczny i tranzystor dokładnie tak, jak przedstawiono na schemacie. Zwykle ujemny biegun kondensatora elektrolitycznego jest oznaczony strzałkami.

Warte zalecenia jest użycie końcówek lutowniczych, do których przylutowuje się następnie przewody wyprowadzeń poza płytkę. Należy zwrócić uwagę na właściwą polaryzację końcówek zatrzasku baterii i brzęczyka. Natomiast sposób połączenia termistora jest obojętny.

Na schemacie na **rys. 4** jest pokazane opcjonalne gniazdko zasilania. Równocześnie z włączeniem do niego wtyczki zasilacza sieciowego bateria zostaje automatycznie odłączona. Jeżeli gniazdko to nie jest potrzebne, to czerwony



Rys. 3. Ostateczny schemat alarmu termicznego.

przewód od zatrzasku baterii należy połączyć bezpośrednio z końcówką dodatniego bieguna zasilania na płytce, a czarny przewód od zatrzasku z końcówką 0V.

Na koniec trzeba wstawić układ scalony w podstawkę, pamiętając o właściwym jego ukierunkowaniu. Bezpośrednio przed tą czynnością należy na moment uziemić swoje palce, dotykając uziemionego przedmiotu. Dopiero potem można wyjąć układ scalony z jego ochronnego opakowania.

Sprawdzenie

Po wykonaniu wszystkich połączeń można włączyć zasilanie. Jeżeli potencjometr VR1 został tak połączony, jak pokazano na **rys. 4**, to pokręcanie jego osią zgodnie z kierunkiem ruchu wskazówek zegara podwyższa temperaturowy próg przełączania. Za pomocą pokręcania potencjometrem powinno dać się włączać i wyłączać brzęczyk. Jeżeli brzęczyk nie daje się włączyć albo wyłączyć, to trzeba wyłączyć układ i odszukać przyczynę jego niesprawności.

Jeżeli układ zachowuje się poprawnie, należy ustawić potencjometr niewiele poniżej progu włączania alarmu i ogrzewać termistor w rękach. Brzęczyk powinien włączyć się po chwili. Trzeba pamiętać, że na ostygnięcie termistor może potrzebować kilku minut.

Odszukiwanie błędów

Jeżeli układ nie zachowuje się poprawnie, to trzeba kierować się wskazówkami, opisanymi w pierwszej części artykułu "System projektowania modułowego". Po sprawdzaniu wizualnym, należy zgodnie z opisem posłużyć się woltomierzem. Trzeba pamiętać, że dodatni biegun brzęczyka jest stale pod napięciem zasilania. Ujemny biegun brzęczyka, jeżeli on nie brzęczy, również jest pod tym napięciem. Brzęczyk zostaje pobudzony, gdy tranzystor przewodzi i łączy ujemny biegun brzęczyka z 0V.

Obudowa

Płytka drukowana z elementami mieści się w małej plastykowej obudowie. Płytkę wsuwa się w rowki obudowy, pozostawiając za nią miejsce wystarczające na baterię, jak widać na fotografii. W obudowie trzeba wywiercić otwory na wyłącznik, potencjometr, termistor oraz kilka w pobliżu brzęczyka, które ułatwią rozchodzenie się jego dźwięku. Jeżeli układ ma być zasilany również z sieci, trzeba jeszcze wywiercić otwór na gniazdko zasilania.

Termistor można umocować w taki sposób, aby wystawał z obudowy, albo przykleić go do jej brzegu. Można też, jeżeli jest wymagane zdalne działanie układu, połączyć go z płytką za pośrednictwem długich przewodów.

Na zakończenie płytkę wsuwa się do wnętrza obudowy, dokonuje ostatecznych połączeń, przykleja wewnątrz brzęczyk, umieszcza w środku baterię i można zamknąć obudowę.

Max Horsey

WYKAZ ELEMENTÓW

Rezystory

R1: 100kΩ termistor NTC (o ujemnym współcz. temperaturowym)
R2: 4,7kΩ, LW, węglowy warstwowy
VR1: 220kΩ, potencjometr liniowy, obrotowy

Kondensatory

C1, C2: 100nF, ceramiczny dyskowy
C3: 470µF/16V, stojący

Półprzewodniki

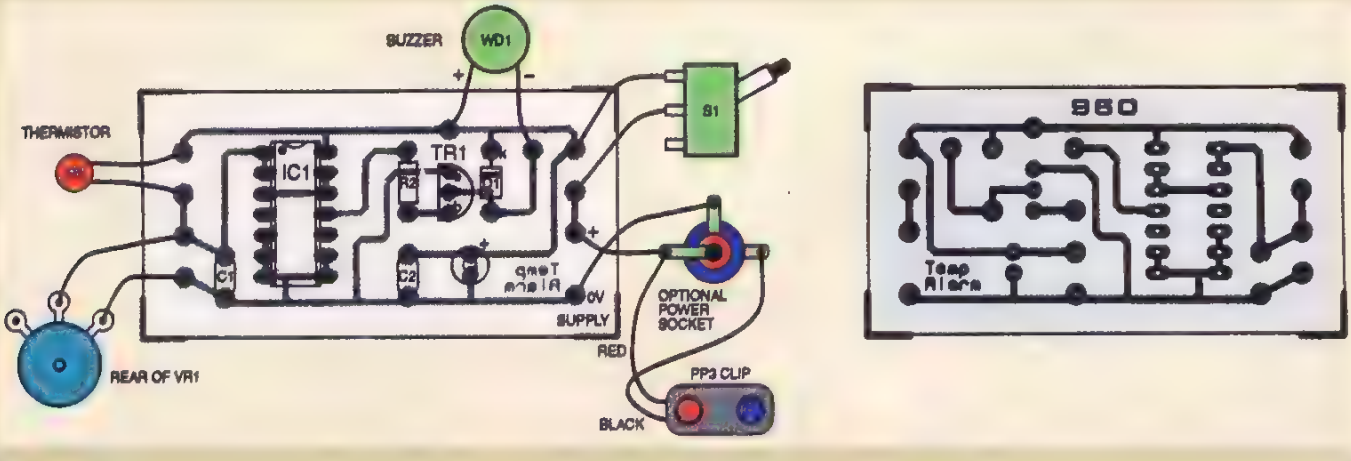
D1: 1N4148
T1: BC184L, npn
IC1: 4001B, cztery podwójne bramki NOR

Różne

B1: bateria 9V PP3 z zatrzaskiem
S1: wyłącznik jednoobwodowy, miniaturowy
WD1: brzęczyk półprzewodnikowy, 9V lub 12V
płytka drukowana kod AVT-2052
podstawka 14 stykowa
obudowa plastykowa z serii KM
pokrętło potencjometru
końcówki lutownicze

Artyku publikujemy na podstawie umowy licencyjnej z angielskim miesięcznikiem Everyday Practical Electronics.

Uwaga. *Płytka drukowana lub kompletny zestaw elementów są dostępne w sieci handlowej AVT pod oznaczeniem AVT-2052. Szczegółowe informacje handlowe są podane na wkładce kartonowej.*



Rys. 4. Rozmieszczenie elementów na płytce i mozaika ścieżek płytki drukowanej.

DETEKTOR METALI

kit K7102

Na łamach Elektroniki dla wszystkich będziemy szczegółowo prezentować zestawy dla hobbystów produkowane przez najbardziej znanego wytwórcę europejskiego - firmę Velleman.

Cieszące się dobrą sławą oryginalne kity Vellemana trafiły ostatnio także i do naszego kraju.

Dla niektórych Czytelników niedogodnością może być fakt, że oryginalna instrukcja, choć napisana jest w czterech językach, nie zawiera wersji polskiej. Ponadto instrukcja podaje tylko najpotrzebniejsze wskazówki przydatne przy montażu, nie obejmuje natomiast żadnej analizy funkcjonowania układu, a wiemy że interesuje to spore grono odbiorców.

Fot. 1. Zestaw K7102 po zmontowaniu i jego opakowanie.

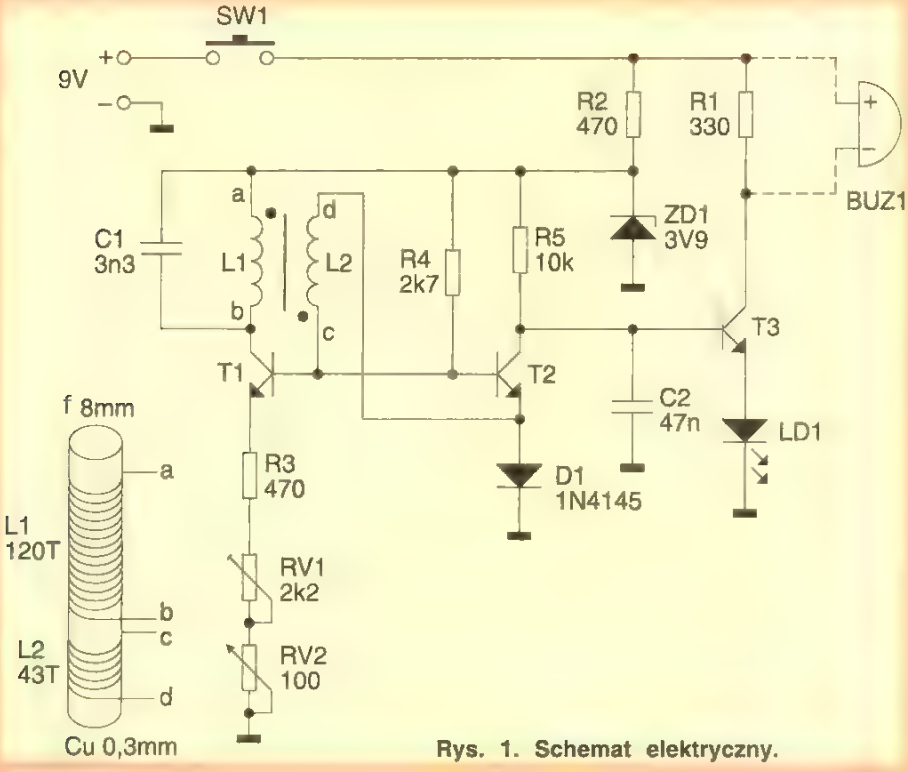
Do czego nadaje się przedstawiany detektor metali? Niestety, nie jest on przeznaczony do poszukiwania skarbów. Pełni jednak znacznie praktyczniejszą funkcję - przeznaczony jest do lokalizacji rur wodociągowych, CO i gazowych umieszczonych w ścianach budynków.

W mieszkaniu często trzeba wywiercić w ścianie jakiś otwór pod hak do zawieszenia mebli czy drobniejszego sprzętu.

Łatwo sobie wyobrazić konsekwencje przewiercenia rury wodociągowej. Może trochę trudniej jest wyobrazić sobie konsekwencje uszkodzenia przewodu gazowego, choć kilka odpowiednich obrazków można co jakiś czas obejrzeć w telewizji.

Opisywany detektor przeznaczony jest do sprawdzenia, czy w ścianie bezpośrednio pod tynkiem nie przebiega jakaś rura metalowa. Układ reaguje nie tylko na metale magnetyczne, wykrywa też rury miedziane i mosiężne. Zasięg wykrywania wynosi do ośmiu centymetrów.

Przyrząd nie jest natomiast przewidziany do poszukiwania przewodów sieci elektrycznej.



Rys. 1. Schemat elektryczny.

Opis działania

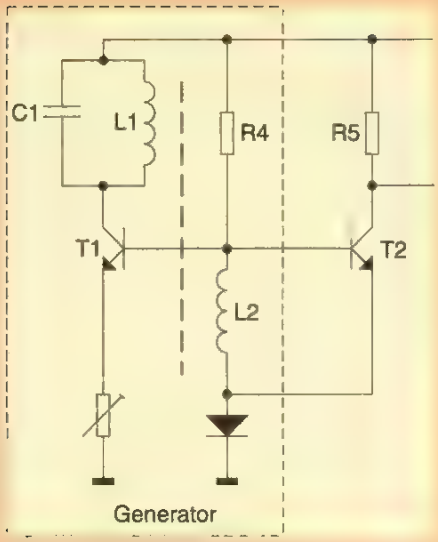
Oryginalny schemat elektryczny układu detektora jest pokazany na **rysunku 1**. Na pierwszy rzut oka urządzenie jest bardzo proste, jednak zrozumienie jego działania wymaga trochę uwagi. Generalnie jest to prosty układ generatora Meissnera pracujący z tranzystorem T1 i sprzężonymi cewkami L1 i L2. Częstotliwość drgań wyznacza obwód rezonansowy L1C1.

Sam generator jest zasilany napięciem stabilizowanym za pomocą diody Zenera ZD1 i rezystora R2.

Jeśli rezystancja włączona między emiterem tranzystora T1 a masą jest duża, układ nie może się wzbudzić.

Jeśli rezystancja w obwodzie emitera T1 jest mała, to w układzie powstaną drgania. Można w uproszczeniu powiedzieć, że o powstaniu drgań decyduje wzmocnienie napięciowe tranzystora. Wzmocnienie to jest wyznaczone stosunkiem impedancji dynamicznej równoległego obwodu rezonansowego L1C1, która dla częstotliwości rezonansowej jest czystą rezystancją oraz rezystancji w obwodzie emiterowym T1.

Nieco uwagi wymaga zrozumienie sensu połączeń w okolicach baz tranzys-



Rys. 2. Układ polaryzacji T1 i T2.

torów T1 i T2. Dla większej jasności na **rysunku 2** pokazano ten obwód narysowany inaczej niż na **rysunku 1**. Jakie napięcie stałe wystąpi między bazą a emiterem tranzystora T2? Przy braku drgań różnica napięć między bazą a emiterem jest równa spadkowi napięcia na uzwojeniu cewki L2, czyli praktycznie równa zeru. W tej sytuacji tranzystor T2 nie przewodzi, natomiast prąd płynie przez rezystor R5 do bazy tranzystora T3. Tranzystor T3 jest więc otwarty, świeci też czerwona dioda LD1. Rezystor R1 ogranicza prąd diody świecącej. Równolegle do tego rezystora można włączyć brzęczyk piezo z generatorem, sygnalizujący dźwiękiem stan układu. Brzęczyk taki nie wchodzi jednak w skład kitu K7102.

Gdy w cewce L2 pojawią się drgania, to tranzystor T2 będzie na krótko otwierany w dodatnich szczytach przebiegu. W tych krótkich momentach popłynie przez niego znaczny prąd, który zdąży rozładować kondensator do napięcia występującego na diodzie D1 (0,6...0,7V). I choć tranzystor T2 otwierany będzie tylko na krótko, w czasie jego zatkania kondensator C2 nie zdąży się naładować prądem płynącym przez rezystor R5 do napięcia, które mogłoby otworzyć tranzystor T3. A więc przy pracy generatora tranzystor T3 będzie stale zatkany, a dioda LD1 nie będzie świecić.

Pomału zbliżamy się już do sedna sprawy. Podczas użytkowania układu należy tak wyregulować potencjometr RV2, aby generator pracował na granicy zrywania drgań. Należy ustawić RV2 w położeniu tuż przed zapaleniem lampki, wtedy zbliżenie dowolnego metalowego przedmiotu spowoduje jej zaświecenie. Każdorazowa regulacja przed przystąpieniem do poszukiwań jest konieczna. Nie można ustawić potencjometrów raz na zawsze, ponieważ czułość układu zależy nieco od stanu baterii zasilającej i temperatury otoczenia.

Działanie układu polega więc na zmniejszaniu się i zaniku drgań przy zbliżaniu do cewek metalowego przedmiotu. W największym uproszczeniu można powiedzieć, że pod wpływem pola wytwarzanego w cewkach w zbliżanym metalowym przedmiocie indukują się napięcia i zaczynają płynąć prądy. Stanowi to dodatkowe obciążenie dla generatora i drgania zanikają.

Dla zmniejszenia ryzyka wyładowania baterii, w układzie przewidziano przycisk niestabilny. W czasie poszukiwań musi on być stale naciśnięty.

Montaż i uruchomienie

Montaż układu nie przysparza trudności. Wszystkie elementy są wyraźnie opisane w instrukcji, a tabelka do rozszyfrowania kodu paskowego podaje nazwy kolorów w jedenastu językach, niestety znów brak języka polskiego. (Opis kodu barwnego rezystorów można znaleźć w artykule „Rezystory", którego pierwszą część publikujemy na str. 57).

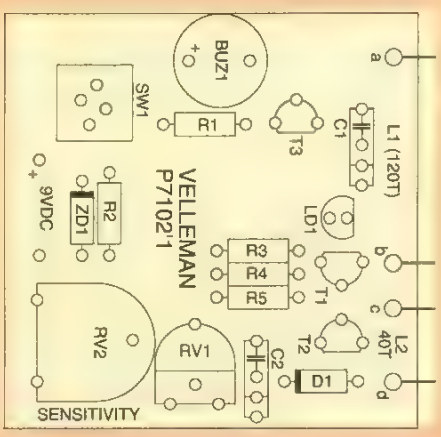
Według instrukcji najpierw należy nawinąć cewki na dostarczonym rdzeniu ferrytowym, bowiem drut nawojowy okręcony jest wokół płytki drukowanej.

Nawinięcie cewek jest jedyną czynnością montażową wymagającą znacznej staranności. Cewka L1 ma 120 zwojów, cewka L2 - 43 zwoje. Obie cewki powinny być nawijane w tym samym kierunku. Po nawinięciu kilku zwojów można je okleić taśmą samoprzylepną; zapobiegnie to ich rozwijaniu i pozwoli bez większych kłopotów nawinąć cewkę do końca.

Dostarczony drut nawojowy ma bardzo mocną izolację; nie jest możliwe jej usunięcie przez podgrzewanie lutownicą w kropli cyny. Nie pomaga też znany sposób z aspiryną. Izolację z końcówek przeznaczonych do wlutowania w płytkę trzeba więc zeskrobać nożem i pobielić cyną.

Po wykonaniu cewki należy na płytce drukowanej pokazanej na **rysunku 3** zamontować kolejno:

- rezystory
- diody
- kondensatory
- tranzystory
- diodę LED



Rys. 3. Płytka drukowana.

- potencjometry
- przycisk.

Potem wlutować złączkę baterii: czerwony przewód do punktu oznaczonego plus, czarny - minus.

Na koniec dołączyć cewki do punktów płytki oznaczonych a...d.

Przy dołączaniu końcówek cewek należy wlutować końce i początki uzwojeń dokładnie według schematu i rysunków montażowych. Na rysunku 1 początki uzwojeń oznaczone są kropką.

W modelu pokazanym na fotografii rdzeń z cewkami został połączony z płytką za pomocą dwóch obejm ze srebrzanki o grubości 0,8mm. Należy zwrócić uwagę, aby część obejmująca pręt nie była zamkniętym zwojem. Każdy zwarty zwój niekorzystnie wpływa na czułość układu.

Po zmontowaniu wszystkich elementów należy sprawdzić zgodność ze schematami.

Jeśli wszystko jest w porządku, można dołączyć baterię 9V i naciskając przycisk SW1 sprawdzić działanie układu.

W praktyce należy najpierw ustawić potencjometr RV2 w środkowym położeniu, a następnie ustawić potencjometr RV1 na granicy wzbudzenia, czyli gaśnięcia lampki. Dalsze bieżące strojenie dokonywane jest potencjometrem RV2, który został wyposażony w pokrętło.

W miejscu oddalonym od przedmiotów metalowych należy ustawić suwak potencjometru RV2 w położeniu tuż przed zapaleniem lampki. Zbliżenie jakiegokolwiek metalowego przedmiotu spowoduje jej zaświecenie.

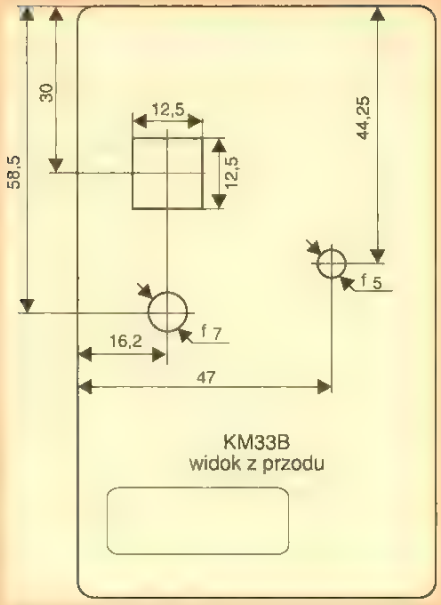
Montaż i uruchomienie nie sprawiają żadnych trudności o ile tylko układ został poprawnie zmontowany. Gdyby układ nie chciał pracować należy dokładnie sprawdzić, czy podczas lutowania nie wystąpiły jakieś zwarcia. Przyczyną może też być zamiana końcówek jednej z cewek.

Uwagi końcowe

Podczas pracy detektora dioda świecąca zapala się natychmiast, szybko też gaśnie - nie ma zjawiska płynnego zaświecania lub gaśnięcia. To znaczy, że drgania powstają i zanikają szybko oraz występuje swego rodzaju histereza. Jest to zjawisko trochę nieoczekiwane w tak prostym układzie. Przy bliższym przeanalizowaniu pracy układu można dojść do wniosku, że dzieje się tak dzięki diodzie D1 i tranzystorowi T2. Po wzbudzeniu drgań przez tranzystor T2 zaczyna płynąć prąd, co powoduje wzrost prądu diody, a także minimalny wzrost jej napięcia, czyli napięcia polaryzującego bazę tranzystora T1.

Obecność takiego sprzężenia zwrotnego jest z jednej strony korzystna, bowiem następuje jednoznaczna reakcja układu w postaci wygaszenia lub pełnego świecenia diody. Z drugiej jednak strony zmniejsza to nieco czułość detektora.

W naszym modelowym detektorze dla próby zwiększyliśmy więc rezystancję R5 do



Rys. 4. Otwory w płycie czołowej.

47kΩ. Histereza wyraźnie się zmniejszyła, ale zaświecanie i gaśnięcie diody nadal było skokowe. Po dalszym zwiększeniu rezystancji R5, tym razem do 220kΩ reakcja układu stała się płynna - dioda zaświecała się pomału, jej jasność była w pewnym zakresie proporcjonalna do odległości od szukanego metalowego przedmiotu.

Zwiększyła się przy tym znacznie, mniej więcej o 30%, czułość układu czyli odległość wykrywania. Rezystancji R5 nie można jednak zwiększać w nieskończoność. Płynie przecież przez nią prąd bazy tranzystora T3. Co prawda tranzystory dostarczone w zestawie były typu BC547B, a więc ich wzmocnienie stałoprądowe powinno wynosić około 200. Jednak nawet taki tranzystor wymaga kilkudziesięciu mikroamperów prądu bazy aby wysterować diodę LD1 prądem co najmniej kilku miliamperów.

Do praktycznych zastosowań układ detektora można bez problemu umieścić w krajowej obudowie KM-33B. W przedniej części obudowy należy wtedy wyciąć otwory na przycisk, pokrętło potencjometru i diodę LED. Pomocą będzie **rysunek 4.**

Piotr Górecki

Kity Vellemana są dostępne w sieci handlowej AVT - zamówienia na wkładce kartonowej, oferta na II-ej stronie okładki.

WYKAZ ELEMENTÓW:

Rezystory
R1: 330Ω
R2, R3: 470Ω
R4: 2,7kΩ
R5: 10kΩ
RV1: 2,2kΩ lub 2,5kΩ
RV2: 100Ω

Kondensatory
C1: 3,3nF
C2: 47nF

Półprzewodniki
D1: 1N4148
ZD1: dioda Zenera 3,9V
T1-T3: BC547
LD1: LED 5mm czerwona

Rożne
SW1: przycisk
* złączka baterii 9V
* pręt ferrytowy
* drut nawojowy

oficjalny dystrybutor kitów Vellemana

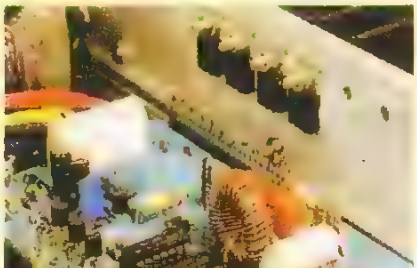
oferuje ok. 100 rodzajów kitów (szczegółowa oferta jest publikowana co miesiąc w Elektronica Praktycznej). Przyjrzyjmy się bliżej trzem kitom należącym do czołowej grupy najlepiej sprzedających się zestawów.

Ten zestaw daje możliwość wykonania wzmacniacza dużej mocy o dobrych parametrach. Booster ma uniwersalne złącza pasujące do wszystkich samochodowych urządzeń audio. Jest także możliwość zasilania go z 24V instalacji samochodów ciężarowych. W skład kompletu wchodzą radiatory i obudowa

Parametry układu
- moc wyjściowa max 2 x 100 W, 2 x 50W$_{RMS}$
- zasilanie. 14,3VDC (dopuszczalne jest napięcie 10...16V)
- możliwość przystosowania do zasilania go z 24V instalacji samochodów ciężarowych. W skład kompletu wchodzą radiatory i obudowa
- układ podwójnego włączania zasilania z tranzystorami MOSFET.
- wejścia CD/LINE/LS z możliwością regulacji.
- zakres przenoszonych częstotliwości 10Hz.. 100 kHz (wejście CD),
- wymiary obudowy. 250 x 190 x 50mm

Na życzenie wysyłamy bezpłatny katalog kitów.

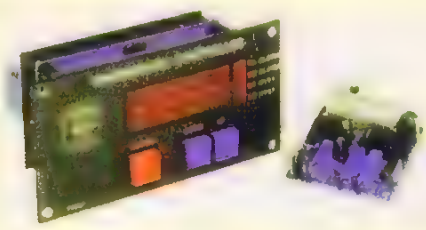
K3501 PRZETWORNICA 12/24VDC NA 220VAC



Do zastosowań w samochodach osobowych i ciężarowych, na łodziach, kempingach itp. We wszystkich miejscach, gdzie ma się do dyspozycji jedynie zasilanie akumulatorowe 12V lub 24V. Umożliwia zasilanie sprzętu audio i video, komputerów maszynek do golenia i innego sprzętu. Moc wyjściowa wynosi 300W przy zasilaniu z akumulatora 24V. W przypadku zastosowania akumulatora 12V dysponuje się mocą 160W. Układ jest wyposażony w 50Hz generator kwarcowy. Zastosowano tranzystory mocy typu FET. Radiatory wchodzą w skład zestawu

Możliwości układu
- kontrolowanie napięcia wyjściowego i wejściowego
- prąd w stanie spoczynku 0,5 A
- nie nadaje się do zasilania silników elektrycznych
- zestaw nie zawiera transformatora
- wymiary płytki 82 x 110 mm

K6002 STEROWNIK TEMPERATURY



W przeciwieństwie do zwykłych termostatów ten układ ma dwa wejścia zamiast jednego, alarm "wysoki" do włączenia klimatyzacji i alarm "niski" do włączenia centralnego ogrzewania. Oba alarmy nastawia się niezależnie, każdy ze swoją histerezą. Dołączony jest czujnik K6001.

Parametry układu
- wyjścia przekaźnikowe przełączane 220VAC/5A,
- rozdzielczość ±0,1 C,
- wyświetlanie. od -40 C do +150 C,
- zegar 24h (częstotliwość sieci 50Hz),
- alarm nastawiany od -50 C do +154 C,
- zasilanie 9VAC/300mA,
- wymiary płyty czołowej 60 x 70, głębokość 80mm

Wszystkie oferowane przez AVT wyroby są sprzedawane w sklepach firmowych AVT
WARSZAWA ul. Grancza 4, tel. (0 22) 24 96-18 *pon.-piątek w godz. 10-18, sob. 10-15*
OLSZTYN Pl. Piłsudskiego 6 "Dom Elektronik - Domar" tel. (0 89) 27 44-37 *pon.-piątek w godz. 9-18*
KRAKÓW ul. Limanowskiego 27 *pon.-piątek w godz. 9-18*
oraz wysyłkowo za pobraniem pocztowym

Dla wysyłki za pobraniem pocztowym koszt opakowania i spedycji przesyłki wynosza: 5,5 zł dla przesyłek o wartości mniejszej, niż 55 zł, 10% dla przesyłek o wartości od 55 do 300 zł oraz 30 zł dla przesyłek o wartości większej, niż 300 zł. Termin realizacji 2-3 tygodni.
Zamówienia prosimy kierować na adres
01-900 Warszawa 118, skr. poczt. 72,
tel./fax (0 22) 35-67-67, tel. 35-66-77 i 35-66-88

POZNAJEMY PRZYRZĄDY POMIAROWE

CZĘŚĆ 1

Przedstawiamy pierwszy artykuł z serii poświęconej przyrządom pomiarowym. Postaramy się w tej serii wytłumaczyć w przystępny sposób jakie przyrządy pomiarowe można obecnie spotkać na rynku, jakie funkcje mogą one spełniać i które z nich można wykorzystać przy testowaniu, naprawie, konserwacji sprzętu elektronicznego, a przede wszystkim do budowy własnych urządzeń.

Ktokolwiek próbował zbudować samodzielnie urządzenie elektroniczne, własnej konstrukcji czy według opisu zaczerpniętego z literatury, wie że szanse na to aby zadziałało ono od razu po zmontowaniu są znikome. Zwykle po niezbyt pracochłonnym montażu układu następuje bardziej pracochłonna faza jego uruchomienia. Dlaczego układy elektroniczne po zmontowaniu często nie działają? Trudno na to pytanie odpowiedzieć jednym zdaniem. Najczęściej z winy wykonawcy układu, który popełnił przy montażu błąd, źle wykonał płytkę drukowaną, dobrał wadliwe lub niewłaściwe podzespoły. Często jednak, mimo doboru odpowiednich podzespołów, bezbłędnie wykonanej płytki drukowanej i dokładnego montażu, urządzenie elektroniczne nie pracuje poprawnie albo w ogóle nie działa. Dzieje się tak dlatego że każdy element elektroniczny jest wykonany z pewną tolerancją. Projektant urządzenia nie jest nigdy w stanie prześledzić wszystkich możliwych kombinacji odchyłek wartości poszczególnych elementów i przewidzieć ich wpływ na efekt końcowy. Dlatego nawet urządzenia produkowane fabrycznie często po zmontowaniu nie działają i muszą być uruchamiane na specjalnych stanowiskach laboratoryjnych.

Co zatem należy zrobić, gdy zmontowany przez nas układ, często z wielkim trudem i kosztem, nie działa. Odpowiedź jest jedna - uruchomić go, tj. zlokalizować blok układu odpowiedzialny za wadliwe działanie całości, następnie znaleźć uszkodzony podzespół, wymienić go, a na koniec sprawdzić poprawne działanie kompletnego urządzenia czyli inaczej mówiąc przetestować urządzenie.

Przy wszystkich tych czynnościach niezbędny jest sprzęt pomiarowy. Czym należy kierować się przy doborze sprzętu pomiarowego? W pierwszym rzędzie należy odpowiedzieć sobie na pytanie, jakiego typu układy będziemy testować, następnie na ile one będą skomplikowane, a na koniec czy będzie nas na to stać.

Sytuacja w świecie sprzętu pomiarowego zmienia się szybko. Jeszcze do niedawna powszechne były urządzenia analogowe. Także potrzeby konstruktorów były dużo mniejsze. Dziś elektroniczny świat pomiarowy stał się prawie całkowicie cyfrowy. Urządzenia pomiarowe stały się mniejsze i tańsze. Pojawiły się też urządzenia nowego typu, niespotykane w świecie analogowym, jak np. analizatory stanów logicznych. Współczesne mierniki cyfrowe mierzą dokładniej, spełniają nieporównywalnie więcej funkcji i działają niezawodniej. Dzisiejszy multimetr cyfrowy łączy w sobie możliwości pomiarowe kilku analogowych urządzeń stacjonarnych przy niejednokrotnie lepszych parametrach. Dodatkowym impulsem w rozwoju cyfrowych urządzeń pomiarowych było pojawienie się mikroprocesorów. Od tego momentu rozwój urządzeń pomiarowych potoczył się lawinowo i trwa to do dziś.

Jakimi zatem przyrządami pomiarowymi powinien dysponować początkujący konstruktor układów elektronicznych? Odpowiedź na to pytanie jest stosunkowo prosta. Są bowiem przyrządy pomiarowe, których posiadanie jest niezbędne, i takie należy zakupić w pierwszym rzędzie, są też takie, których zastosowanie jest rzadsze, zatem można będzie je nabyć później. Obecnie na rynku krajowym znajduje się wiele tanich przyrządów pomiarowych. Większość z nich spełnia całkowicie wymagania nawet bardziej zaawansowanych konstruktorów. Podstawowe, tanie urządzenia pomiarowe, bez których na pewno nie można się obyć należą do trzech grup. Są to *multimetry*, źródła sygnału czyli *generatory* oraz zasilacze. Warto tu wspomnieć o urządzeniach, które stosunkowo niedawno pojawiły się na rynku. Mam tu na myśli zestawy pomiarowe zawierające multimetr (z podstawowymi funkcjami pomiarowymi), generator funkcyjny z częstościomierzem oraz zasilacz. Są to urządzenia szczególnie polecane osobom, których zasobność kieszeni jest stosunkowo niewielka, zestaw pomiarowy

generator funkcyjny

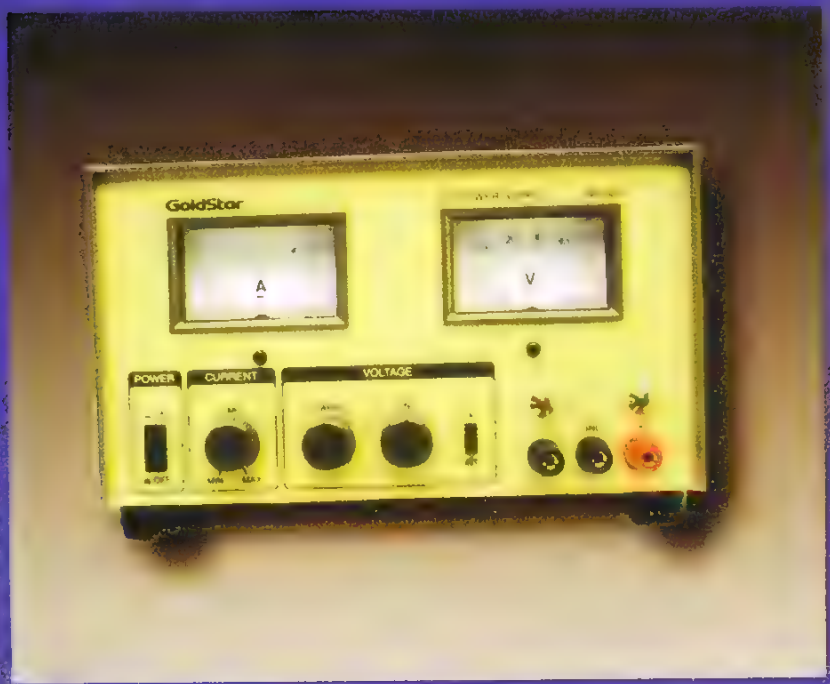
kosztuje bowiem dużo taniej niż wszystkie jego oryginalne składowe kupowane niezależnie.

Zestaw pomiarowy ma jednak swoje wady, ale o tym później. Warto wspomnieć o jeszcze jednym urządzeniu, które powinien mieć w swojej pracowni elektronik hobbysta. Mam tu na myśli oscyloskop. Niestety nie jest to urządzenie tanie.

Multimetry

Multimetry cyfrowe, nawet te najtańsze, umożliwiają pomiar wielu parametrów elektrycznych, głównie napięć i prądów, zarówno stałych jak i zmiennych, a także rezystancji i nawet pojemności. Wykonują też test diody, mierzą wzmocnienie tranzystorów, sprawdzają też ciągłość obwodu elektrycznego. Taki multimetr cyfrowy (z pomiarem napięcia zmiennego, lecz bez pomiaru prądu zmiennego) kosztuje obecnie znacznie poniżej 100 zł. Za multimetr z funkcją pomiaru prądu zmiennego trzeba zapłacić ok. 100 lub więcej złotych. Warto wspomnieć też o tanich multimetrach zawierających źródło sygnału, czyli generator, a także o mierzących tzw. wielkości nieelektryczne czyli np. temperaturę za pomocą specjalnej sondy pomiarowej

zasilacz laboratoryjny



i mierzą dodatkowo częstotliwość.

Źródła sygnałów

Źródło sygnałów, czyli generator, to urządzenie wytwarzające sygnały (napięcia) zmienne o różnych częstotliwościach, kształcie i amplitudzie. Generator z odpowiednio ustawionym sygnałem wyjściowym dołącza się do wejścia testowanego układu pomiarowego, a następnie za pomocą sondy połączonej np. z oscyloskopem bada się "odpowiedź" czyli kształt sygnału w badanych punktach testowanego układu. Sygnał z generatora symuluje najczęściej sygnał użyteczny na wejściu układu w czasie jego normalnej pracy.

Generatory klasyfikuje się w zależności od częstotliwości i kształtu wytwarzanych przebiegów. Najtańsze są generatory funkcyjne wytwarzające przebiegi o kształcie sinusoidy, trójkąta, piły i prostokąta. Generatory takie szczególnie nadają się do testowania układów cyfro-

wych. Jeszcze inny typ generatorów to generatory akustyczne. Wytwarzają one tylko napięcie sinusoidalne o częstotliwości zmienianej płynnie lub skokowo w tak zwanym paśmie akustycznym, czyli w zakresie od 20Hz do 20kHz. Generatory takie stosuje się do testowania urządzeń elektroakustycznych i np. wzmacniaczy małej częstotliwości.

Jeszcze inny rodzaj generatorów to generatory sygnałowe. W zależności od zastosowania wytwarzają one sygnały sinusoidalne o częstotliwościach nawet powyżej 1GHz zmodulowany dodatkowym przebiegiem sinusoidalnym. Generatory takie stosuje się do sprawdzenia urządzeń radiofonicznych. Im większa jest częstotliwość generatora sygnałowego tym wyższa jest też jego cena.

Zasilacze

Zasilacze należą w zasadzie do najprostszych urządzeń elektronicznych. Wytwarzają one napięcie stałe, stabilizowane i regulowane mniej lub więcej w odpowiedniej wartości.

Bardziej skomplikowane zasilacze są wyposażone w szereg zabezpieczeń, z których najważniejszym jest

ograniczenie (ew. stabilizacja) prądu wyjściowego. Profesjonalne zasilacze, oprócz tych funkcji wyświetlają wartość napięcia i prądu, stabilizują napięcie bezpośrednio na obciążeniu, mogą być łączone na różne sposoby, mogą też w jednej obudowie zawierać więcej zasilaczy o różnych parametrach i przeznaczeniu. Od budowy zasilacza rozpoczęło realizację swoich zainteresowań wielu hobbystów - elektroników. Do zasilania prostych urządzeń elektronicznych wystarcza w zasadzie zasilacz stabilizowany o napięciu wyjściowym regulowanym w zakresie 0...15V i prądzie nie przekraczającym 1A i z zabezpieczeniem prądowym. Wiele jednak układów jest zasilanych ze źródła ±15V, połączonego z badanym układem za pomocą trzech przewodów. Z kolei układy cyfrowe TTL wymagają napięcia nieregulowanego 5V. Zasilacze to urządzenia niezbędne, a przy tym stosunkowo proste. Warto je zatem umieścić na szczycie listy urządzeń do samodzielnego wykonania.

popularny oscyloskop analogowy

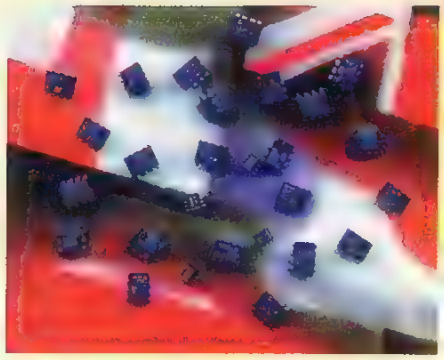
Oscyloskopy

Wśród oscyloskopów obecnych na rynku elektronicznych urządzeń pomiarowych najczęściej spotyka się oscyloskopy analogowe i analogowo-cyfrowe. Umożliwiają one obserwację kształtu oraz pomiar podstawowych parametrów przebiegów zmiennych, tj. ich częstotliwości, okresu i amplitudy. Obserwacja przebiegów odbywa się na ekranie lampy oscyloskopowej. Obecnie coraz bardziej stają się popularne, mimo stosunkowo wysokiej ceny, oscyloskopy cyfrowe z odczytem na ekranie ciekłokrystalicznym (LCD). Bardziej skomplikowane oscyloskopy, zarówno analogowe jak i cyfrowe, umożliwiają wyświetlanie parametrów obserwowanych przebiegów przy wykorzystaniu systemu tzw. kursorów. Oscyloskop to urządzenie bardzo potrzebne lecz przy tym drogie. Konstrukcja oscyloskopu jest dosyć skomplikowana. Początkującym elektronikom samodzielną budowę oscyloskopu zalecam zostawić na później. Tych, których stać na to, zachęcam do zakupu oscyloskopu.

Poszczególne grupy przyrządów pomiarowych, tj. multimetry, generatory, zasilacze i oscyloskopy omówimy szczegółowo w kolejnych artykułach z tej serii.

Jerzy Hałicki

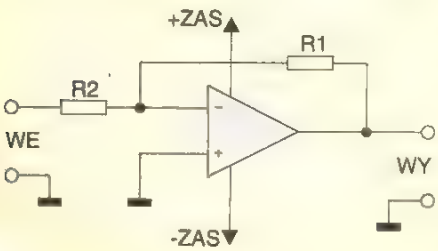
NASTĘPCY 741, CZYLI CO NOWEGO W DZIEDZINIE WZMACNIACZY OPERACYJNYCH



Drogi Czytelniku, jeśli nie jesteś już młodzieńcem, jeśli kiedyś przed laty uczyłeś się elektroniki, a przez ostatnie lata zajęcia życia codziennego odsunęły cię od głównego nurtu elektroniki, wiedz, że cykl "Dla elektroników dawniejszych" przeznaczony jest głównie dla Ciebie. Pytasz dlaczego dla "dawniejszych"? Określenie to zapożyczyliśmy od wiecznie młodego Jerzego Waldorffa, który swego czasu sprostował czyjąś wypowiedź, czy pytanie stwierdziwszy, że nie jest ani stary, ani starszy tylko po prostu - dawniejszy. A nasz cykl także nie jest dla elektroników "starszych" ani tym bardziej "starych" - przecież zarówno Ty jak i ja, Autor, jesteśmy wciąż młodzi duchem, choć włosów na głowie jakby coraz mniej i dzieci już tak wyrosły...

W ramach tej rubryki postaram się w sposób jak najbardziej przystępny pokazać Ci, co przez ostatnie lata zmieniło się w elektronice. Rozwój jest obecnie tak gwałtowny, że istotnie trudno za wszystkim zdążyć i może masz wrażenie, że od pewnego czasu nie nadążasz już za postępem. Nie Ty jeden masz takie odczucia - dziś nie ma już na świecie renesansowych elektroników, którzy znają się na całej elektronice. Pociesz się: obecnie, wskutek ogromu dostępnej wiedzy wybitny specjalista z konieczności dobrze zna tylko swoją bardzo wąską specjalność, można powiedzieć: wie wszystko o... niczym. Z drugiej strony trzeba śledzić ogólny rozwój całej elektroniki ale ze świadomością, że się wie... (prawie) nic o wszystkim. I choćby tytuł czasopisma: "Elektronika dla wszystkich" świadczy, że nie może u nas zabraknąć cyklu, który pozwoliłby Ci dogonić pędzący ekspress zwany elektroniką; cykl ten, zatytułowany właśnie "Dla elektroników dawniejszych", pozwoli Ci uprządkować nabytą kiedyś wiedzę, dowiedzieć się o najnowszych osiągnięciach, po prostu utrzymać się "na powierzchni" współczesności. Nie popadaj więc w kompleksy, postaramy się na łamach niniejszego czasopisma bezboleśnie dotrzymywać kroku rozwojowi. Ponieważ ja, Autor nie wiem dokładnie co Ty, szanowny Czytelniku jeszcze z elektroniki pamiętasz, a co Ci uleciało z pamięci, więc możliwie przystępnie przypomnę także niezbędne informacje podstawowe. Znajdziesz je w ramkach. W małych ramkach zamieszczam garść innych drobnych potrzebnych informacji, ciekawostek... i może trochę żartu. Mam nadzieję, że ramki te będą też pomocne wszystkim młodym ludziom, którzy dopiero wkraczają w piękną krainę elektroniki, bowiem przerabiane przez nich podręczniki najczęściej przedstawiają zagadnienie w sposób suchy, bezbarwny, często wręcz zniechęcający.

Dziś, w pierwszym odcinku cyklu zajmiemy się tematem wzmacniaczy operacyjnych.



Minimum wiedzy o wzmacniaczach operacyjnych

Czy pamiętasz pierwsze monolityczne wzmacniacze operacyjne takie jak µA702, µA709? A może jesteś weteranem, który dotknął lampowych wzmacniaczy operacyjnych lub pierwszych grubowarstwowych hybrydów? A może pierwszym wzmacniaczem operacyjnym w twoim ręku była kostka produkcji Tesli MAA501 lub MAA504? Czy pamiętasz jak wszyscy cieszyliśmy się, że wreszcie pokazała się "prawie idealna" kostka µA741 nie wymagająca kompensacji częstotliwościowej, a potem jej krajowy odpowiednik ULY7741? Tylko nieliczni szczęśliwcy mieli wtedy dostęp do importowanych szybkich kostek µA715, precyzyjnych µA725, czy µA740 z wejściami FET.

Dziś każdy amator może kupić dosłownie dziesiątki najróżniejszych typów monolitycznych wzmacniaczy operacyjnych, a gdy się uprze to sprowadzi prawie każdą, nawet jakąś egzotyczną kostkę dowolnego producenta. Jak nie zagubić się w tak szerokiej ofercie?

Okazuje się, iż rozwój i udoskonalanie wzmacniaczy operacyjnych poszły w kilku kierunkach: wielu konstruktorom potrzebne były kostki jak najbardziej energooszczędne, inni żądali precyzyjnych wzmacniaczy operacyjnych mających jak najmniejsze prądy polaryzacji wejścia i napięcia niezrównoważenia, inni wreszcie szukali kostek jak najszybszych.

Za chwilę wspólnie przeanalizujemy wiele przykładów wręcz zapierających dech w piersiach, ale najpierw muszę przypomnieć Ci o trzech podstawowych "cegiełkach budulcowych" i ich właściwościach: tranzystorach bipolarnych (pnp i npn), polowych złączowych (J-FET) i polowych z izolowaną bramką (MOS). Nie bój się, nie zanudzę Cię omawianiem procesów technologicznych, przekrojami i fotografiami struktur, bo to nigdy nie było i zupełnie nie jest Ci potrzebne.

Powinieneś natomiast wiedzieć, jakie są zalety i wady układów wykonanych przy pomocy poszczególnych technologii. Jako praktyk musisz wiedzieć jakie tranzystory "siedzą na wejściu", oraz jak jest zbudowany stopień wyjściowy. Od tego wiele zależy. Jeśli interesują Cię szczegóły na ten temat, to będziesz o nich mógł przeczytać za jakiś czas w cyklu "Notatnik praktyka" na łamach Elektroniki Praktycznej. Natomiast zupełnie może Cię nie obchodzić jak zbudowane jest wnętrze wzmacniacza operacyjnego - o to niech się martwią projektanci układów scalonych. W tabeli 1 znajdziesz wady i zalety poszczególnych "cegiełek", czyli typów tranzystorów. Takie informacje mogłeś kiedyś znaleźć w każdym podręczniku. Gdy za chwilę będziemy omawiać współczesne kostki zwróć uwagę, jaką technologią wykonano dany układ i jakie parametry udało się uzyskać. Oczywiście, dziś powszechnie stosuje się oryginalne i zadziwiająco pomysłowe rozwiązania układowe oraz zaawansowane procesy technologiczne. Dlatego często będziesz zdziwiony, jakie znakomite właściwości udało się uzyskać za pomocą danej technologii. Cały czas trwa wyścig czołowych producentów, którzy oferują kolejne lepsze i tańsze kostki.

Trudno jednak skonstruować wzmacniacz, który jednocześnie spełniałby wszystkie wymagania, wymagania często ze sobą sprzeczne - i rzeczywiście, trudno mówić, że jakiś konkretny wzmacniacz operacyjny jest najbardziej zbliżony do ideału (ramka 2).

Aby ocenić dokonany postęp porównamy parametry współczesnych kostek ze starym, poczciwym dinozaurem - układem µA741, który kiedyś uważaliśmy za bliski ideału i który przez jakiś czas był niekwestionowanym standardem. Tabela 2 zawiera podstawowe parametry kostki µA741. Dla porównania w tej samej tabeli znajdziesz parametry innych "rewelacji" sprzed dwudziestu lat.

A teraz chcę Ci opowiedzieć na ile udało się ulepszyć poszczególne parametry.

Wzmacniacze precyzyjne i niskoszumne

W tabeli 3 znajdziesz kilka przykładów

Tabela 2. Parametry układów µA741, 715, 725. 740, LM101.

	Wzmocnienie stłoprądowe	Wejściowy prąd polaryzujący	Prąd niezrówn.	Wejściowe napięcie niezrówn.a	Dryft wej. nap. niezrówn.	Szybkość zmian nap. wyjściowego	Częstotliwość graniczna
	G	I_B (max)	I_{OS} (max)	V_{OS} (max)	TC V_{OS}	SR	fl
µA 741	50 000	0,5µA	200nA	5mV	7µV/K	0,5V/µs	1MHz
µA 740	50 000	0,2nA	40pA	30mV	50µV/K	6V/µs	3MHz
µA 725	1 000 000	0,1µA	20nA	1mV	2µV/K	-	2MHz
µA 715	15 000	0,75µA	250nA	5mV	6µV/K	100V/µs	65MHz
LM 101	50 000	0,5µA	200nA	5mV	-	0,5V/µs	1MHz

dziesz zdziwiony, jakie znakomite właściwości udało się uzyskać za pomocą danej technologii. Cały czas trwa wyścig czołowych producentów, którzy oferują kolejne lepsze i tańsze kostki.

Trudno jednak skonstruować wzmacniacz, który jednocześnie spełniałby wszystkie wymagania, wymagania często ze sobą sprzeczne - i rzeczywiście, trudno mówić, że jakiś konkretny wzmacniacz operacyjny jest najbardziej zbliżony do ideału (ramka 2).

Aby ocenić dokonany postęp porównamy parametry współczesnych kostek ze starym, poczciwym dinozaurem - układem µA741, który kiedyś uważaliśmy za bliski ideału i który przez jakiś czas był niekwestionowanym standardem. **Tabela 2** zawiera podstawowe parametry kostki µA741. Dla porównania w tej samej tabeli znajdziesz parametry innych "rewelacji" sprzed dwudziestu lat.

A teraz chcę Ci opowiedzieć na ile udało się ulepszyć poszczególne parametry.

Wzmacniacze precyzyjne i niskoszumne

W **tabeli 3** znajdziesz kilka przykładów wzmacniaczy precyzyjnych. Do czego potrzebne są takie wzmacniacze? Na przykład w automatyce spotykamy się ze źródłami sygnałów o bardzo niskich napięciach. Termopary generują napięcia stałe rzędu kilku, kilkudziesięciu miliwoltów. Sonary i hydrofony muszą zawierać ultraniskoszumne wzmacniacze. Urządzenia audio również wymagają niskoszumnych układów.

Przy wzmacnianiu bardzo małych napięć zmiennych najistotniejszym parametrem są szumy. Fascynujący temat szumów został wyczerpująco omówiony w Elektronice Praktycznej w numerach 7/94 - 1/95. Zostały tam przystępnie wytłumaczone wszystkie pojęcia związane z szumami, także ten koszmarny pierwiastek z herca, często pojawiający się w katalogach.

Jeśli gęstość napięcia szumów prądowych en wynosi poniżej 10nV/(Hz)1/2, układ możemy śmiało stosować do niskoszumnych wzmacniaczy audio.

Gdy źródło sygnału ma małą rezystancję (powiedzmy poniżej 1k), wielkość szumów na wyjściu zależy przede wszystkim od napięcia (gęstości napięcia) szumów wejściowych en. A gdy źródło sygnału ma dużą rezystancję - od (gęstości) prądu szumów wejściowych in. Jak wiadomo, każdy rezystor sam z siebie generuje szum termiczny - czym większa rezystancja tym większy szum. Nieco rzecz upraszczając powiem, że najlepsze niskoszumne wzmacniacze operacyjne AD797 (typ 0,9nV/(Hz)1/2) i LT1028 (1,5nV/(Hz)1/2) szumią nie więcej niż rezystor 50 ! To znaczy, że jeśli źródło sygnału lub rezystory sprzężenia zwrotnego mają większą rezystancję (a zazwyczaj mają), to szum w nich generowany dominuje w szumie wyjściowym wzmacniacza! Jest to bardzo smutna prawda: nie uda się zmniejszyć szumów poniżej określonego poziomu właśnie ze względu na szum generowany przez rezystancję źródła sygnału, a nie przez wzmacniacz. Trochę gorsze właściwości szumowe mają popularne i tanie kostki OP-27 i OP37. Porównaj jeszcze wymienione kostki z układem LM301 (krajowy odpowiednik ULY7701) z **tabeli 2**, który niegdyś uchodził za "wzmacniacz niskoszumny".

Przy wzmacnianiu małych sygnałów zmiennych należy się też liczyć z zakłóceniami pochodzenia zewnętrznego. W dzisiejszym zaszumionym świecie nie da się ich do końca wyeliminować. Tak więc, jeśli chodzi o szumy wzmacniaczy operacyjnych, to już praktycznie doszliśmy do ideału. Dotarliśmy do granic możliwości, których przekroczyć się nie da... no chyba żeby zmienić obowiązujące w naszym wszechświecie prawa fizyki.

Jeśli natomiast mają być wzmacniane bardzo małe napięcia stałe i sygnały wolnozmienne, to krytycznym parametrem wzmacniacza są dryfty wejściowego napięcia niezrównoważenia i wejściowego prądu niezrównoważenia, oraz szumy wzmacniacza w zakresie częstotliwości od 0 do kilku Hz (dlatego też w wielu katalogach podaje się gęstość napięcia i prądu szumów nie tylko dla częstotliwości 1kHz, ale także dla 10Hz). Zmian takich nie można bowiem odróżnić od sygnału wzmacnianego. Mniej krytyczne są wejściowe napięcie i prąd niezrównoważenia bo można je dość prosto skompensować.

Aby zachować dużą precyzję dawniej budowano wzmacniacze z przetwarzaniem - omówione są one w ramce 5. Kolejnym krokiem było opracowanie wzmacniaczy z autokompensacją (autozeroed amplifiers) - przedstawiono je w ramce 6. W literaturze jedne i drugie mimo zupełnie odmiennej zasady działania bywają nazywane chopper amplifiers. Wzmacniacze z przetwarzaniem nie są obecnie produkowane (kiedyś Harris "popełnił" taki układ o oznaczeniu HA-2900). W naszej tabeli mamy wzmacniacze z autokompensacją, np.: popularny i u nas ICL7650. We wzmacniaczach tych udało

ramka 2

Co to naprawdę jest wzmacniacz operacyjny?

Zapomnij więc na chwilę o układach scalonych i oddaj się marzeniom. Jeśli byłbyś cudotwórcą, to jaki wzmacniacz chciałbyś zrobić? Mnie wystarczyłby jeden uniwersalny wzmacniacz do wszystkiego.

Żeby nadawał się do wszystkiego musiałby na przykład mieć wzmocnienie nastawiane jakimś prostym sposobem w zakresie od zera do prawie nieskończoności. Musiałby mieć szerokie i bardzo równomierne pasmo przenoszenia, na pewno od zera (prąd stały) do, powiedzmy kilkuset megaherców. Także przesunięcie fazy między wejściem a wyjściem powinno być stałe w całym zakresie częstotliwości. Wejście dobrego wzmacniacza nie może obciążać źródła sygnału - nie powinny więc płynąć żadne prądy wejściowe (polaryzujące), nie powinna też występować żadna pojemność wejściowa. Z kolei wyjście mojego wzmacniacza powinno mieć wręcz nieograniczoną moc, i to w całym zakresie częstotliwości - powinno więc być wydajne i piorunsko szybkie. Chciałbym też... żeby ten wzmacniacz miał zerową moc strat, czyli żeby cała moc dostarczana jako zasilanie pojawiła się na wyjściu jako użyteczna moc wyjściowa przekazywana do obciążenia. Oczywiście, nie mógłby on wnosić żadnych własnych szumów, zakłóceń ani jakichkolwiek zniekształceń. ... Obudź się! Takiego wzmacniacza nie ma i nie będzie, ale właśnie wzmacniacze operacyjne mają parametry pod wieloma względami zbliżone do takiego ideału.

Wzmacniacz operacyjny ma dwa wejścia: odwracające i nieodwracające, jedno wyjście i dwie końcówki zasilające. Wzmacniany jest sygnał różnicowy, występujący między wejściami. Niektóre wzmacniacze mają wyprowadzone jeszcze inne końcówki, na przykład do korekcji wejściowego napięcia niezrównoważenia.

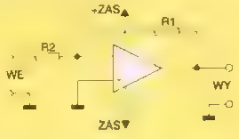
Dziś do dyspozycji mamy kostki, które już teraz wieloma cechami przypominają przedstawiony idealny wzmacniacz. Niestety, w życiu obowiązuje zasada zbyt krótkiej kołdry - poprawa jednych parametrów wiąże się często z pogorszeniem innych. Współczesne technologie pozwoliły jednak uzyskać wręcz zadziwiające parametry, o których opowiadam Ci w artykule.

Wzmacniacze operacyjne są bodaj najpopularniejszą cegiełką do budowy układów analogowych, znajdują bardzo szerokie zastosowanie między innymi do realizacji generatorów, filtrów, układów sumujących, logarytmujących, alogarytmujących, całkujących i różniczkujących, linearyzyjących itd, nie mówiąc już o wszelkich układach wzmacniających.

ramka 3

Podstawowe układy pracy wzmacniacza operacyjnego

1 Wzmacniacz odwracający: (rysunek)
Wzmocnienie G(ain) wyznaczone jest przez rezystory R1 i R2:
G = - R1 / R2
Znak minus wskazuje, że wzmacniacz odwraca fazę przebiegu wejściowego.



2 Wzmacniacz nieodwracający: (rysunek)
Wzmocnienie jest zawsze większe od 1 i wynosi:
G = (R1 + R2) / R2 = 1 + R1/R2

Tabela 3 Wzmacniacze precyzyjne i niskoszumne.

	V_{OS} (max)	TC V_{OS}	en (1kHz)	GBW	SR	I_B (max)	
	mV	µV/k	nV/@Hz	MHz	V/µs	nA	
OP-177	0,01...0,06	0,1...1,2		0,6	0,3	1,5...2,8	
AD 707	0,015...0,09	0,1...1		0,9	0,3	1...2,5	
OP-27	0,025...0,1	0,6...1,8	3,0	8,0	2,8	40...80	
OP-37	0,025...0,1	0,6...1,8	3,0	63	17	40...80	
OP-07	0,025...0,1	0,6...2,5		0,6	0,17	2...12	
AD 797	0,04...0,1	0,8...1,5	0,9	100	18	50...1000	
AD 844	0,15...0,3	5		900	2000	250	
LT 1028 AC	0,04	0,8	1,1	11	90		
LTC105OAC	0,005	0,05	0,6µV_{PP}		4	0,035	z autozerowaniem
ICL 7650	0,005	0,05		0,45		0,03	z autozerowaniem
MAX 400	0,01	0,2	10	0,6	0,3	0,7	
MAX 425/426	0,001	0,01	(0,3µV_{PP})	12			
AD 829	0,2		1,7	750	230	3300	
OPA 627	0,1	0,8		16	55	0,005	FET

ramka 4

Podstawowe parametry wzmacniacza operacyjnego

Wzmocnienie z otwartą pętlą sprzężenia zwrotnego wyrażane w V/V lub V/mV. W katalogach nazywa się: open loop voltage gain i oznaczane jest zwykle literą G; jest to wzmocnienie samej kostki przy prądzie stałym. Ze wzrostem częstotliwości wzmocnienie maleje.

Wejściowe napięcie niezrównoważenia, oznaczane Vos (input offset voltage), wyrażane w mV lub µV. Przy zerowej różnicy napięć wejściowych napięcie wyjściowe powinno być równe zero. Z uwagi na nieidealną symetrię stopnia wejściowego, aby uzyskać napięcie wyjściowe równe zero, należy podać na wejście pewne niewielkie napięcie stałe. Ma to duże znaczenie, bowiem w praktycznych układach napięcie niezrównoważenia pomnożone przez wzmocnienie (z zamkniętą pętlą) pojawia się na wyjściu wzmacniacza jako błąd stałoprądowy.

Dryft wejściowego napięcia niezrównoważenia to zmiany napięcia niezrównoważenia pod wpływem temperatury. Podawane w µV/K, oznaczane zwykle TC Vos.

Wejściowy prąd polaryzujący. Przy normalnej pracy tranzystorów stopnia wejściowego płyną prądy polaryzujące (nawet w tranzystorach polowych). W katalogach podaje się IB (bias current) w µA, nA, pA lub fA.

Wejściowy prąd niezrównoważenia, oznaczany Ios. Prądy polaryzujące obu wejść wzmacniacza nie są identyczne, ich różnica to właśnie wejściowy prąd niezrównoważenia.

Dryft wejściowego prądu niezrównoważenia - TC Ios - to zmiany wejściowego prądu niezrównoważenia pod wpływem temperatury (wyrażane w nA/K lub pA/K).

Trzy ostatnie parametry mają zasadnicze znaczenie przy dużych rezystancjach sprzężenia zwrotnego i źródła sygnału.

Napięciowa gęstość szumów odniesiona do wejścia - ang. voltage noise density, oznaczana **en**, - wyrażana w nV/(Hz)$^{1/2}$. Decyduje o szumach wzmacniacza przy współpracy ze źródłami o małej rezystancji wewnętrznej. Niekiedy w katalogach podaje się też napięcie skuteczne szumów w określonym paśmie częstotliwości.

Prądowa gęstość szumów odniesiona do wejścia - ang. current noise density, oznaczana **in**, - wyrażana w pA/(Hz)$^{1/2}$. Decyduje o szumach wzmacniacza przy współpracy ze źródłami o dużej rezystancji wewnętrznej.

Współczynnik tłumienia sygnału wspólnego - CMRR (Common Mode Rejection Ratio). Wzmacniacz operacyjny powinien wzmacniać tylko sygnał różnicowy, pojawiający się między wejściami. Po podaniu na oba zwarte wejścia wspólnego sygnału, na wyjściu nie powinien się pojawić żaden sygnał. W praktyce nie następuje jednak zupełne stłumienie tego sygnału. Parametr CMRR wyrażany w dB jest miarą tego tłumienia, nie ma jednak stałej wartości, maleje ze wzrostem częstotliwości.

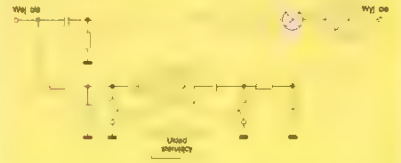
Zakres napięć wejściowych. Nie jest to zakres napięć wejściowych bezpieczny ze względu na ryzyko uszkodzenia, tylko zakres napięcia wspólnego przy którym wzmacniacz może normalnie pracować. Zakres ten jest węższy od napięcia zasilającego. Wiele typów wzmacniaczy może pracować przy napięciach wejściowych równych ujemnemu napięciu zasilającemu - wzmacniacze takie umożliwiają pracę przy zasilaniu układu jednym napięciem (dodatnim). Napięcia na wejściach mogą być wtedy na potencjale masy.

Współczynnik tłumienia tętnień zasilania - PSRR (Power Supply Rejection Ratio). W rzeczywistym wzmacniaczu zmiana napięcia zasilającego powoduje niewielką zmianę wejściowego napięcia niezrównoważenia, czyli w konsekwencji pojawienie się na wyjściu dodatkowego błędu. Współczynnik ten wyrażany jest w dB lub µV/V.

ramka 5

Wzmacniacz z przetwarzaniem

Ponieważ w "głębokiej starożytności" występowały duże kłopoty z uzyskaniem stabilnych parametrów wejściowych (napięcie niezrównoważenia i jego dryft), budowano wzmacniacze z przetwarzaniem. Blokowy schemat takiego wzmacniacza pokazany jest na rysunku.



Niewielki stałoprądowy sygnał wejściowy zamieniany był przez układ kluczujący na sygnał zmienny, wzmacniany we wzmacniaczu zmiennoprądowym i na koniec prostowany w układzie prostownika synchronicznego. Składowe zmienne przechodziły przez oddzielny tor sprzężony zmiennoprądowo.

się uzyskać napięcie niezrównoważenia rzędu kilku mikrowoltów i dryfty tego napięcia rzędu ułamka mikrowolta na kelwin. Pewną wadą takich wzmacniaczy jest większy poziom szumów wynikający z obecności generatora taktującego i układów przełączających.

Projektanci układów scalonych nie mogli ścierpieć tych drobnych wad, kombinowali i wykombinowali: firma Maxim proponuje na przykład układy MAX425/426 z układem autozerowania pracującym na odmiennej zasadzie, w którym znacznie zredukowano wspomniane wady. Napięcie niezrównoważenia jest mniejsze niż 1µV o dryfcie 0,01µV/K.

Inni projektanci ulepszali klasyczne wzmacniacze: najpierw zaproponowali układ OP-07 z napięciem niezrównoważenia rzędu 25µV i dryftem 0,6µV/K. Układ ten zresztą nie jest już dziś żadną rewelacją, bowiem pokazały się kolejne lepsze kostki.

Szczytowym osiągnięciem w tym zakresie jest niewątpliwie OP-177 - klasyczny monolityczny wzmacniacz operacyjny o napięciu niezrównoważenia typ 4µV (max 10µV) i dryfcie typ 0,03µV/K, oraz kostka MAX400 ustępująca poprzedniej tylko nieco większym dryftem - typ 0,2µV/K (max 0,3µV/K). Układy te mają niewielką gęstość napięcia szumów wejściowych, rzędu 10nV/(Hz)1/2. Zwróć też uwagę na bardzo dobre parametry wejściowe ultraniskoszumnych układów AD797 i LT1028: Uos = 40...80µV, TCVos = 0,8...1µV/K.

My tu dyskutujemy o jakichś kilku mikrowoltach. Czy aby nie zapomnieliśmy jednak, co to naprawdę znaczy dziesięć mikrowoltów? Czy pamiętasz Drogi Czytelniku, że na złączach dwóch różnych metali, o ile tylko umieszczone są w różnych temperaturach, wytwarza się napięcie termoelektryczne, które w praktyce może osiągać wartości rzędu kilkudziesięciu i więcej mikrowoltów. A przecież na każdej płytce drukowanej nie brakuje zarówno źródeł ciepła, jak i takich złącz, że wymieńmy tylko połączenia miedź-cyna lub miedź-stop warstwy rezystancyjnej oporników. Ponadto rezystory sprzężenia zwrotnego mają jakiś niezerowy współczynnik temperaturowy: za dobre uważamy już rezystory ze współczynnikiem 0,005%/K. W większości wypadków zmiany rezystancji pod wpływem temperatury i napięcia termoelektryczne będą wprowadzać większe błędy niż dryft wejściowego napięcia niezrównoważenia.

Biorąc powyższe pod uwagę stwierdzamy, że pod tym względem też praktycznie doszliśmy do granic możliwości. Może to Ci się wyda dziwne, ale o stabilności parametrów stałoprądowych nie decyduje już wzmacniacz operacyjny, tylko parametry i

Tabela 4. Wzmacniacze o małych prądach wejściowych.

	I_B (max)	in	V_{OS}	TCV_{OS}	GBW
	pA	fA/@Hz	mV	µV/K	MHz
AD549	0,06...0,25	0,11	0,25...1	5...20	1
AD743	150	7	0,1		20
AD 745	150	7	0,1		4,5
AD 645	1,5...3	0,6	0,25...0,5	1...5	2
ICL 7650	20		0,005	0,1	0,45
OPA 124	1		0,25	2	1,5
OPA 637	5		0,1	0,8	80
OPA 602	1		0,25	2	6,5

Tabela 5. Wzmacniacze operacyjne szybkie

	SR	GBW	V_{os}	I_{supply}	I_{OUT}	
	V/µs	MHz	mV	mV	mA	mA
AD 811	2500	1000	0,5	16,5	100	
AD 844	2000	900	(0,050)	6,5	20	current feedback
AD 810	1000	500	0,5	8	65	
AD 840	400	400	0,1	10,5	50	
OP 61	200	45	0,1	6,1	22	
OP 160	1300	90	(*2)	6,5	35	current feedback
LT 1363C	750 70	1,5	6			
LT 1223C	800	100	(3)			current feedback
LT 1224	250	45	2			
OPA 654	750	500	500	3	200	
OPA 644	2500	400	(3)		25	current feddback
OPA 643	1000	(1,5G)	1,5		35	
OPA 641	650	(1,66)	2	25		

sposób montażu innych elementów, choćby rezystorów i ścieżek.

Wzmacniacze o małych prądach wejściowych

Przy współpracy ze źródłami sygnałów o wielkiej rezystancji wewnętrznej potrzebne są wzmacniacze o małym współczynniku szumów prądowych i bardzo małych prądach polaryzujących. Wymagania te spełniają wzmacniacze z tranzystorami polowymi na wejściu.

Jeśli wzmacniacz ma mały współczynnik szumów prądowych to może współpracować ze źródłem o dużej rezystancji wewnętrznej i nie wprowadzi przy tym większych szumów (patrz wspomniane artykuły o szumach). Niektóre wzmacniacze wymienione w **tabeli 4**, np. AD549 mają gęstość prądu szumów wejściowych znacznie mniejszą niż 1fA/(Hz)1/2. Nie wniosą one znaczących szumów nawet przy współpracy ze źródłami o rezystancji rzędu megaomów. W takiej sytuacji napięcie szumów wejściowych nie gra większej roli, ponieważ szum termiczny rezystancji źródła jest znacznie większy. Niemniej jednak są kostki z tranzystorami FET na wejściu, które mają zadziwiająco niskie współczynniki szumów napięciowych. Na przykład kostki AD743 lub AD745 o wejściach FET (wymienione w **tabeli 3**) nie ustępują napięciem szumów (3,2nV/(Hz)1/2 bipolarnym kostkom OP-27/37, nie mówiąc już o układach NE5534, NE5532.

A teraz słowo o prądach wejściowych.

Dla przeciętnego zjadacza chleba prąd wejściowy (polaryzujący) rzędu jednego mikroampera to żaden prąd. Gdy jednak prąd taki płynie przez rezystancję 1M , spadek napięcia wynosi... 1V! A w praktyce często mamy do czynienia z napięciami użytecznymi rzędu pojedynczych miliwoltów związanych z dużymi rezystancjami. Błędy wynikające z przepływu prądów polaryzujących mogą być więc większe niż wzmacniane sygnały! Staruszek µA741 miał prądy polaryzujące rzędu kilkudziesięciu nanoamperów, µA740 z FETami na wejsciu - rzędu 0,2nA. Czy warto tu jeszcze o coś walczyć?

Dawniej, zgodnie z danymi z **tabeli 1** mówiło się, iż wzmacniacze z tranzystorami polowymi na wejściu mają wprawdzie znikome prądy polaryzujące, ale za to napięcia niezrównoważenia są zmacznie większe niż we wzmacniaczach bipolarnych i co gorsza występuje znaczny dryft tego napięcia - porównaj parametry µA741 i µA740 wg **tabeli 2**. Popatrz teraz do **tabeli 4**. Zwróć uwagę choćby na kostkę AD645. Dla wersji AD645C przy gwarantowanym prądzie wejściowym 3pA maksymalny dryft wejściowego napięcia niezrównoważenia wynosi tylko 1µV/K! A jest to klasyczny wzmacniacz operacyjny. We wzmacniaczach z autokompensacją mających prądy wejściowe rzędu kilkudziesięciu pikoamperów uzyskuje się jeszcze mniejsze dryfty, jak choćby w znanym układzie ICL7650 (IB - max 20pA TCVos - max 0,1µV/K). Dziś kostki o prądzie wejściowym rzędu kilku pikoamperów nie są rewelacją. Szczytowym osiągnięciem w tej dziedzinie jest bowiem kostka AD549L, mająca prąd wejściowy typowo 40 a maksymalnie 60... femtoamperów (1fA = 10 15A = 1/1000pA)!

I znowu pewnie zapytasz o sens wyścigu w tym kierunku. Słusznie! Nie dajmy się zwariować! Jeden pikoamper to jedna bilionowa ampera. I czym taki prąd zmierzyć?

Tymczasem z prawa Ohma wynika, iż przy napięciu 1V przez "niewyobrażalnie" dużą rezystancję 100G (=100 000M) popłynie prąd o wartości 10 pikoamperów. A jaka jest rezystancja izolacji między ścieżkami w płytce, która kilka lat pracuje w warunkach przemysłowych w zakurzonej i wilgotnej atmosferze? Nie pomogą tu wiele wymyślne sposoby prowadzenia ścieżek sygnałowych w otoczeniu ścieżek masy. Nie myśl też, że tryśnięcie warstwy lakieru izolacyjnego w sprayu rozwiąże problem. Nawet gruba warstwa lakieru nie jest w stanie do końca zabezpieczyć, choćby przed przenikaniem wilgoci. Nie ma więc absolutnie żadnej szansy na wykorzystanie tych zadziwiających parametrów w praktyce amatorskiej. Profesjonaliści stosują tu izolację teflonową i inne chytre sposoby, na które zwykły śmiertelnik nigdy sobie nie pozwoli.

Możemy więc podsumować kolejne zagadnienie: w dziedzinie zmniejszania prądów wejściowych konstruktorzy osiągnęli takie parametry, że przeciętny specjalista, nie mówiąc już o amatorach, nie jest w stanie wykorzystać ich w praktyce.

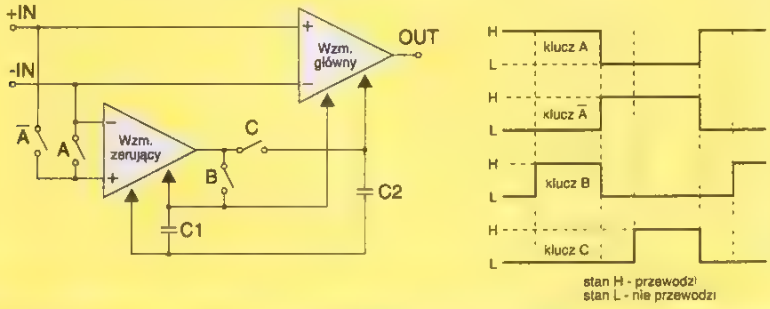
Piotr Górecki

c.d. w EdW 2/96

ramka 6

Wzmacniacz z autokompensacją

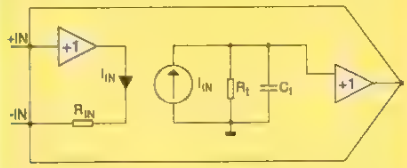
Koncepcja wzmacniacza z autokompensacją polega na okresowym korygowaniu napięcia niezrównoważenia przez układ korekcyjny, sterowany oscylatorem o częstotliwości zazwyczaj kilkuset herców. Układ zawiera dwa wzmacniacze, z których jeden jest wykorzystywany jako normalny wzmacniacz operacyjny. Drugi wzmacniacz wykorzystywany jest do korekcji. Jego wejścia na przemian są zwierane albo dołączane do wejść głównego wzmacniacza. Napięcie na wyjściu daje sygnał błędu, który w pierwszej części cyklu koryguje własne napięcie niezrównoważenia i w następnej napięcie niezrównoważenia głównego wzmacniacza głównego. Napięcia korekcyjne dla obu wzmacniaczy zapamiętywane są w kondensatorach, które w pierwszych opracowaniach musiały być dołączane z zewnątrz, a dziś coraz częściej zawarte są w samym układzie scalonym. Uproszczony schemat blokowy wzmacniacza z autokompensacją pokazany jest na rysunku.



ramka 7

Wzmacniacz ze sprzężeniem prądowym

Jest to stosunkowo świeży wynalazek, stosowany bywa tylko do konstrukcji najszybszych wzmacniaczy. Dla koneserów podajemy uproszczony schemat blokowy. Prąd wejściowy IN jest "przetwarzany" na napięcie na rezystancji Rt (stąd nazwa wzmacniacz transrezystancyjny) i pojemności Ct.



Wejście nieodwracające, podobnie jak w klasycznym wzmacniaczu ma wysoką impedancję, natomiast wejście odwracające ma bardzo małą impedancję równą RIN (w praktyce kilkanaście...kilkadziesiąt omów) i w czasie pracy płynie tam znaczny prąd. Choć zasada pracy jest zupełnie inna niż w zwykłym wzmacniaczu operacyjnym, układ pracy i praktyczne wzory na wzmocnienie są takie same jak dla klasycznego wzmacniacza odwracającego i nieodwracającego. W tego typu wzmacniaczu można uzyskać szerokie pasmo i jednocześnie znaczne wzmocnienie. Co ciekawe, pasmo przenoszenia silnie zależy nie tylko od stosunku wartości rezystorów sprzężenia zwrotnego, ale także od ich wartości. Związane to jest z istnieniem pojemności Ct pokazanej na rysunku.

Jeśli uważasz, że projektowanie płytek drukowanych za pomocą komputera jest bardzo trudne - przeczytaj ten artykuł. Na pewno zmienisz zdanie.

EASYTRAX - to naprawdę proste

Sam zaprojektujesz płytkę drukowaną

Po zapoznaniu się z przedstawionym dalej materiałem będziesz umiał posługiwać się pakietem programów EASYTRAX firmy Protel. Kurs ten bazuje na pakiecie Easytrax, ponieważ jest on bez problemu dostępny dla każdego na sharewa-re'owej dyskietce 1CA006 z firmy AVT (cena 7,5 zł). Jest to freewarowa, a więc dostępna bez żadnych prawnych ograniczeń wersja najpopularniejszego w naszym kraju programu do projektowania płytek - AUTOTRAXa.

Dzięki Easytraxowi opanujesz podstawy, poznasz generalne zasady i praktyczne sposoby korzystania z programów projektowych. Jeśli opanujesz Easytraxa, będziesz mógł w każdej chwili „przesiąść się" na Autotraxa, który jest nieco bardziej rozbudowany. Różnice między Easytraxem a Autotraxem są niewielkie, głównie chodzi o to, że Easytrax nie ma możliwości automatycznego projektowania układu ścieżek i nie może wczytać tzw. netlisty, co dla początkującego projektanta nie ma większego znaczenia.

Podstawowym celem kursu jest nie tyle poznanie prostego Easytraxa, co wyrobienie sobie właściwych nawyków i poznanie podstawowych zasad „kuchni" projektanta płytek drukowanych. W przyszłości znakomicie ułatwi Ci to pracę z innymi, o wiele bardziej rozbudowanymi programami.

Oprócz informacji o programie otrzymasz szereg praktycznych rad dotyczących ogólnych zasad projektowania płytek.

Jeśli chciałbyś naprawdę się tego nauczyć - masz znakomitą okazję.

Nie musisz mieć żadnego przygotowania - pomogę Ci zapoznać się z obsługą programu krok po kroku.

Nie musisz też być rasowym komputerowcem, wystarczy, że masz jakiekolwiek pojęcie o obsłudze komputera. Jeśli nie masz nawet bladego pojęcia o działaniu komputera możesz z powodzeniem opanować proponowany program, ponieważ po prawidłowym zainstalowaniu obsługa jest dziecinnie prosta.

Opiszę Ci dokładnie procedurę instalacji programu w komputerze i powinieneś sobie z nią poradzić sam. W razie potrzeby, tylko do instalacji poprosisz o pomoc kogoś, kto zna się trochę na komputerze.

Musisz jednak mieć komputer (prawdziwego PC-ta, a nie Amigę), albo przynajmniej dostęp do takiego komputera. Nie musi to być maszyna najnowszej generacji, od biedy wystarczy nawet antyk z procesorem 286. Bardzo polecana jest natomiast obecność myszy. Bez myszy trudno sobie wyobrazić sprawną pracę, choć w zasadzie jest to możliwe.

Nasz program pracuje pod DOS-em i zajmuje około 1 megabajta pamięci na dysku twardym. Jeśli korzystałbyś z czyjegoś komputera, możesz za każdym razem skopiować go-

Fot. 1.

towy program na twardy dysk (bo program wtedy szybciej pracuje), a powstałe zbiory robocze od razu zapisywać na dyskietkę. Po zakończeniu pracy wykasujesz program z twardego dysku - w ten sposób nie będziesz okupował cudzego twardego dysku.

Proponowany freewarowy EASYTRAX nie zawiera żadnych pułapek, nie jest też wersją demo czyli zabawką, która pozwala pobawić się programem, ale nie daje możliwości praktycznego wykorzystania. Wprost przeciwnie, jest to wartościowe narzędzie, posiadające cechy prostego profesjonalnego programu CAD. Za jego pomocą możesz:

- zaprojektować płytkę drukowaną (nie tylko jedno-, dwu-, ale nawet 6-warstwową)
- wydrukować na drukarce lub ploterze projekt (wszystko na jednym rysunku lub oddzielnie poszczególne warstwy)
- wygenerować zbiór sterujący dla wiertarki numerycznej
- przygotować zbiory do wykonania klisz (na fotoploterze, naświetlarce postscriptowej lub drukarce laserowej).

Jeśli jesteś hobbystą wykonującym pojedyncze płytki „na piechotę" wykorzystasz dwie pierwsze możliwości. Użycie programu znakomice ułatwi projektowanie płytki i wprowadzanie ewentualnych zmian. Wydruki poszczególnych warstw pozwolą równo i porządnie wywiercić otwory, namalować ścieżki i wreszcie zmontować układ.

Jeśli planujesz wykonywać większe ilości płytek, to w zakładzie produkującym płytki możesz uzgodnić warunki projektu i sam przygotujesz klisze, co znakomicie obniży koszty. Tę sprawę omówimy w przyszłości, natomiast w niniejszym odcinku zajmiemy się podstawami. Dla pełnej jasności podam Ci teraz, jakie kolejne kroki powinieneś wykonać:

- zakup w firmie AVT dyskietki 1CA006 (należy wypełnić blankiet zamówienia na wkładce kartonowej)
- rozpakowanie programu (po rozpakowaniu program nie jest jeszcze gotowy do pracy)
- instalacja na twardym dysku
- zapoznanie się z programem do projektowania (easyedit.exe)
- poznanie ogólnych praktycznych reguł projektowania płytek drukowanych
- zapoznanie się z programem drukującym i generującym zbiory do sterowania wierceniem i produkcją klisz (easyplot.exe)
- zapoznanie się z programami pomocniczymi (bom.exe, easyauto.exe).

Instalacja

Na dyskietce 1CA006 zapakowano cztery programy, z których przynajmniej dwa są naprawdę przydatne elektronikowi: Easytrax i GC prevue. W naszym artykule zajmujemy się Easytraxem, a o GC-prevue wspomnimy przy omawianiu informacji o zbiorach dla fotoplotera.

W pierwszej kolejności musisz rozpakować zbiory.

Proponuję Ci rozpakować Easytraxa nie na dysk twardy, tylko na dyskietkę umieszczoną w drugiej stacji - będziesz miał wtedy zapasową kopię i unikniesz problemów z dwoma różnymi zbiorami o tej samej nazwie read.me. Jeśli dyskietka 1CA005 jest w stacji a, podaj w DOSie komendę:

a:\pkunzip -d easytrax.zip b:

Jeśli nie masz drugiej stacji dla dyskietek, możesz też rozpakować na dysk twardy, ale do katalogu głównego, bowiem potem program instalacyjny nie będzie w stanie znaleźć zbiorów jeśli umieszczone byłyby w jakimkolwiek podkatalogu.

Po rozpakowaniu otrzymasz dziewięć zbiorów, z których pięć ma rozszerzenie .exe. Nie są to jeszcze programy użytkowe - najpierw musisz dokonać instalacji wykorzystując program install.exe.

Zbiór read.me (= czytaj.to) otrzymany w wyniku rozpakowania jest obszernym opisem poleceń Easytraxa, tyle że w języku angielskim. Jeśli znasz nieco angielski wydrukuj cały ten plik - będziesz miał pisemną instrukcję obsługi.

Aby zainstalować program na twardym dysku wprowadź komendę:

b:\install

Na ekranie pojawi się okno pozwalające Ci podać stację źródłową (w naszym przypadku: b), stację przeznaczenia (dysk twardy - zwykle c) oraz katalog roboczy: \easytrax; kolejne dane akceptujesz naciskając **"enter" (trzykrotnie)** i jeśli wszystko jest w porządku naciskasz **"Y"**. Masz zainstalować w ten sposób cztery grupy zbiorów (edycyjne, biblioteczne, przetwarzające i drivery) i cztery razy pojawi się wspomniane okno.

Proponuję Ci pewną modyfikację w stosunku do „podpowiadanych" wartości domyślnych. Pierwsze trzy grupy zbiorów umieść w „podpowiadanym" katalogu \easytrax. Natomiast przy czwartym pojawieniu się okna zmień domyślny katalog \graphdrv na \easytrax. W ten sposób będziesz miał całego Traxa w jednym miejscu i unikniesz kłopotów z instalacją drivera karty graficznej.

Na koniec instalacji pojawi się dodatkowe okno pozwalające wybrać sterownik karty graficznej - driver. Wybierz **VGA.DRV**, chyba, że masz jakiś przedpotopowy komputer z kartą EGA lub CGA.

Optymalne wydaje się właśnie załadowanie drivera VGA640, nawet gdyby można było wybrać sterownik oferujący większą rozdzielczość. „Domyślna" CGA jest zupełnie nie do przyjęcia, natomiast EGA powoduje nieproporcjonalne odwzorowanie rysunku płytki.

Po zakończeniu instalacji program zachęca Cię do umieszczenia „na piechotę" w autoexecu w poleceniu PATH ścieżki c:\easytrax. Nie jest to konieczne.

Przy instalacji pojawia się na dysku drugi, niewielki zbiór read.me zawierający garść informacji o zmianach programu w stosunku do poprzednich wersji. Natomiast wcześniej wspomniany duży zbiór read.me nie jest kopiowany na twardy dysk.

Teraz już jesteś o krok od upragnionego uruchomienia programu projektowego easyedit.exe.

Po zainstalowaniu, podczas normalnego użytkowania program projektowy uruchomia się spod DOSa podając komendę:

c:\easytrax\easyedit

Ponieważ jest to dość czasochłonne, warto w głównym katalogu na twardym dysku umieścić program wsadowy, oznaczony np. **easy.bat** zawierający tylko jedną linię:

c:\easytrax\easyedit.exe

Program będzie wtedy uruchamiany z głównego katalogu po napisaniu:

easy

i wciśnięciu klawisza **„enter"**.

Jeśli w autoexecu umieściłeś przy poleceniu PATH ścieżkę dostępu do katalogu c:\easytrax, wystarczy podać:

easyedit „enter".

Przy pracy pod Windowsami dobrze jest stworzyć odpowiedni zbiór *.pif zawierający w opcjach Zaawansowane w punkcie „Klawisze skrótu dla aplikacji" kombinację klawiszy dla szybkiego przełączania między aplikacjami (ja mam tu Alt+Y) i dodać nową aplikację do wybranej grupy. W Windowsach warto w ten sam sposób dodać aplikację easyplot.exe.

Po takim zainstalowaniu program jest gotowy do pracy.

Wszystko poszło gładko, ale jeśli nie zmieniłeś „podpowiadanego" katalogu \GRAPHDRV na \EASYTRAX czeka Cię przykra niespodzianka.

Być może część początkujących użytkowników firmowego bądź co bądź programu Easytrax już się na to nacięła. Program instalacyjny ma bowiem pewną niedoróbkę i przy pozostawieniu podczas instalacji domyślnych katalogów umieszcza wszystkie drivery i program graphset w oddzielnym katalogu c:\graphdrv. Pod koniec instalacji uruchamiany jest znajdujący się w tym katalogu program graphset.exe ładujący wybrany przez użytkownika driver do „roboczego" pliku oznaczonego graph.drv. Tymczasem aktualny sterownik karty graficznej graph.drv powinien się znajdować w katalogu \easytrax.

Jeśli ktoś o tym nie wie, to przekona się, że program nie widzi roboczego zbioru graph.drv i załaduje automatycznie domyślny driver - przestarzałą „cegłę" - CGA. Daje to koszmarny wygląd ekranu i zupełnie nie nadaje się do poważnej pracy. Nic nie pomoże tu powtórne uruchomienie programu graphset.exe, ponieważ ładowanie roboczego drivera graph.drv nadal odbywa się w innym niż \easytrax katalogu. Bardziej zaawansowani użytkownicy lubiący porządek na dysku mogą umieścić wszystkie drivery w katalogu np. c:\easytrax\drv a po załadowaniu roboczego drivera przy pomocy graphset.exe (lub stosownego zbioru *.bat) skopiują graph.drv do katalogu c:\easytrax.

Gdyby po wybraniu jakiegoś egzotycznego drivera okazało się, że po uruchomieniu easyedit.exe nie pojawia się "karta tytułowa", tylko czarny ekran lub jakieś śmieci, znaczy to, iż załadowany driver nie jest w stanie obsłużyć Twojej karty graficznej. Najprościej jest wtedy zresetować komputer i przy pomocy graphset.exe załadować inny driver.

Ogólne wiadomości o programie

W pakiecie Easytrax do projektowania płytek służy program easytrax.exe. Przy pracy pod DOSem po zaprojektowaniu płytki należy z niego wyjść i uruchomić program easyplot.exe umożliwiający wydrukowanie z pomocą plotera, drukarki zwykłej lub postscriptowej oraz pozwalający wygenerować zbiory dla wiertarki numerycznej, fotoplotera lub naświetlarki. Pod DOSem oba te programy nie mogą być otwarte jednocześnie, ale można to bez problemu wykonać pod Windowsami.

Przydatny w praktyce jest też program bom.exe tworzący wykaz elementów umieszczonych na płytce, oraz program easyauto.exe tłumaczący zbiory *.pcb na format Autotraxa.

Teraz zajmiemy się programem projektowym easytrax.exe.

Generalnie strategia pracy z Traxem jest bardzo prosta:

Działania „zaczepne" to podawanie odpowiednich komend (wybór funkcji) za pośrednictwem klawiatury, przycisku **„enter"** lub lewego przycisku myszy,

działania „obronne" - wycofywanie się - zawsze klawiszem **„esc"** (escape) lub prawym przyciskiem myszy. Jeśli wybierzemy omyłkowo niewłaściwe polecenie, zawsze można się z niego bezkarnie wycofać naciskając (niekiedy kilkakrotnie) **„esc"** lub prawy przycisk myszy.

Naciśnięcie lewego przycisku myszy jest równoznaczne z naciśnięciem klawisza **„enter"**, a prawego - **„esc"** i w dalszej części artykułu nie będziemy tego przypominać.

Wybieranie poleceń jest możliwe na kilka sposobów.

Po naciśnięciu **„enter"** (lub lewego przycisku myszy) w lewym górnym rogu ekranu pojawia się menu główne. Za pomocą strzałek lub poruszając myszą możesz podświetlić wybraną funkcję i wybrać ją naciskając klawisz **„enter"** (lub klawisz myszy). Zwykle pojawia się następna tabelka - menu dodatkowe i znów wybierasz polecenie podświetlając jego nazwę i naciskając **„enter"**.

Nauczony doświadczeniem proponuję Ci od razu inną metodę, która po nabraniu wprawy okaże się dużo szybsza. Polecenia będziesz wybierał przyciskami klawiatury (lewą ręką), pozostałe działania: przesuwanie kursora, **„enter"** i **„esc"** przeprowadzisz z pomocą myszy obsługiwanej prawą ręką.

Nazwy wszystkich poleceń z każdej tabelki (menu) zaczynają się innymi literami - aby wybrać polecenie wystarczy wcisnąć klawisz z pierwszą literką jego nazwy.

Aby wycofać się z polecenia należy nacisnąć **„esc"**.

Nie podam Ci od razu opisu wszystkich możliwych poleceń, bo byłbyś przerażony ich ilością; nauczę Cię natomiast na przykładach krok po kroku najważniejszych poleceń, a potem stopniowo i bezboleśnie poznasz wszystkie możliwości Easytraxa.

Nie przejmuj się też, że od razu wszystkiego nie zrozumiesz - niektóre polecenia będziesz wykorzystywał dopiero po pewnym czasie, gdy nabierzesz wprawy. Nie denerwuj się też, jeśli proszę Cię o kilkakrotne przećwiczenie poznanej funkcji - chodzi między innymi o to, żebyś utrwalił sobie sposób używania jej.

Na początek poznasz najważniejsze polecenia menu głównego:

F (File) - gospodarowanie zbiorami,
Z (Zoom) - powiększanie i pomniejszanie obrazu na ekranie
M (Move) - przesuwanie składników rysunku
P (Place) - umieszczanie składników rysunku
D (Delete)- usuwanie niepotrzebnych składników rysunku
E (Edit) - zmienianie umieszczonych elementów

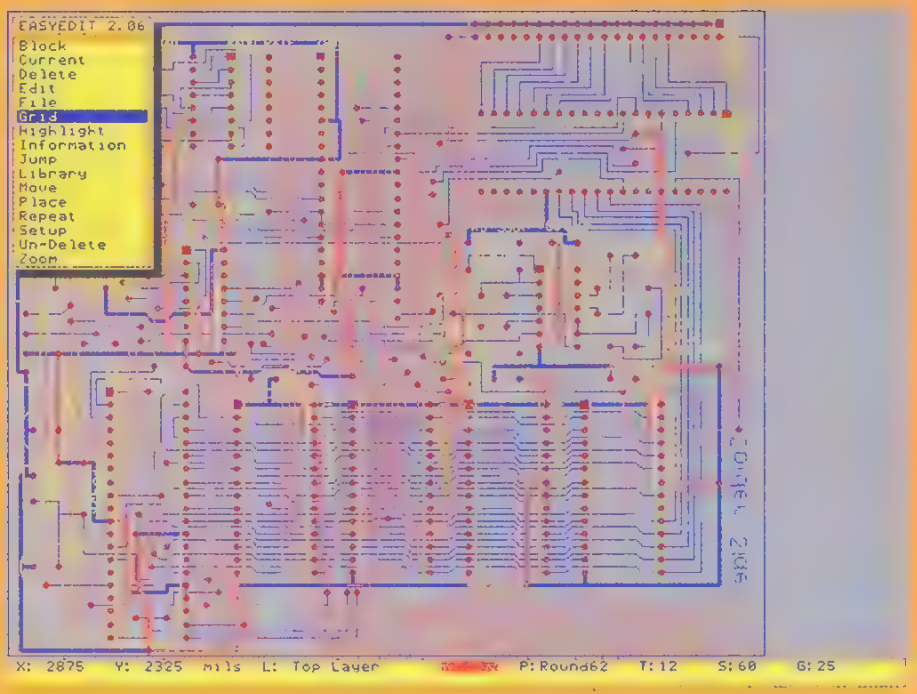
Pierwszy stopień wtajemniczenia

Na początek nauczysz się rozpoczynać i kończyć pracę oraz gospodarować zbiorami *.pcb.

Wejdź do programu np. wpisując w DOSie:

c:\easytrax\easyedit.exe i naciśnij „enter"

Pojawia się firmowa karta tytułowa, widoczna na **fotografii 1**, która znika po naciśnięciu dowolnego klawisza. Następnie w lewym górnym rogu ekranu ukazuje się małe okienko ze



Fot. 2.

znakiem zapytania pozwalające wybrać zbiór roboczy. Zbiory robocze muszą być w formacie Easytraxa i mieć rozszerzenie .pcb (printed circuit board - płytka drukowana).

Ty po prostu wciśnij **„enter"** - pojawi się większa tabelka ze wszystkimi zbiorami *.pcb znajdującymi się w bieżącym katalogu (w Twoim jest tylko: demo.pcb).

Wprowadź więc ten zbiór do pamięci operacyjnej i na ekran naciskając **„enter"**.

Na ekranie pojawi się rysunek płytki demo.pcb - sterownik mikroprocesorowy z układami rodziny Z80. Ekran będzie wyglądał jak na **fotografii 2**.

(Jeśli chciałbyś zaprojektować nową płytkę, to po wejściu do programu naciskasz dwa razy **„esc"** i otrzymujesz nowy, czysty arkusz roboczy.)

W czasie pracy z programem wzdłuż całej dolnej krawędzi ekranu umieszczona jest podłużna tabelka - linia (pasek) stanu zawierająca najistotniejsze bieżące informacje: współrzędne kursora X, Y, aktywną warstwę L, rodzaj punktów lutowniczych P (pad), szerokość ścieżek T (track width), wielkość umieszczanych napisów S (string size) i skok kursora G (grid). Omówimy to później.

Zauważyłeś, że na ekranie pojawił się niewielki krzyżyk - kursor. Możesz go przesuwać za pomocą strzałek, ale lepiej robić to używając myszy. Współrzędne kursora liczone są od dolnego lewego rogu obszaru roboczego (ekranu).

Kursor „skacze" zawsze co 25 jednostek - widać to w pasku stanu na dole ekranu. Podstawową jednostką długości w naszym programie jest mil, czyli tysięczna część cala (1mil = 1/1000inch = 0,0254mm; 100mil = 2,54mm). Skok kursora można zmienić poleceniem Grid z menu głównego,ale nie radzę Ci tego robić, bo w praktyce pracuje się prawie zawsze właśnie ze skokiem 25 milsów. Ponadto radzę Ci, żebyś oswoił się z tym dziwnym systemem miary, bo jak się okazuje, właśnie system calowy jest „naturalnym" systemem miary w elektronice. „Standardową długością" jest odstęp między nóżkami typowego układu scalonego wynoszący dokładnie 100mil = 0,1cala (2,54mm).

W Traxie można zmienić system miar na metryczny, ale wiąże się to z pewnymi wadami i dlatego gorąco Cię namawiam, abyś przyzwyczaił się do systemu calowego, co wcale nie jest takie trudne.

Wypróbuj działanie strzałek, gdy przyciśnięty jest klawisz „Shift".

Zauważ, że jeśli aktywny jest klawisz Num Lock na klawiaturze, to strzałki klawiatury numerycznej powodują skok o 10 x 25mil.
Pobaw się trochę kursorem.

Teraz z menu głównego wybierz polecenie File, na przykład naciskając klawisz z literką **„F"**. Pojawi się menu dodatkowe. Naciśnij **„C"** (Clear - wyczyść obszar roboczy). Pojawia się tabelka z pytaniem, czy zatwierdzasz (confirm) rozkaz. Naciśnij **„Y"** (Yes = tak). Ekran staje się pusty.

Naciśnij znów **„F"**, a potem **„L"** (Load - załaduj zbiór z dysku do pamięci operacyjnej). Pojawia się tabliczka ze znakiem zapytania.

Można do niej wpisać ścieżkę dostępu, ale w bieżącej pracy wystarczy wpisać znak **„?"** i wcisnąć **„enter"** - pojawi się większa tabliczka z nazwami zbiorów bieżącego katalogu. Należy podświetlić żądany zbiór (myszą lub strzałkami na klawiaturze) i nacisnąć **„enter"**.

Wykonaj to! Znów masz na ekranie płytkę demo.pcb.

Naciśnij teraz **„F"**, potem **„S"** (Save - zapamiętaj na dysku). Pojawia się tabelka "podpowiadająca" nazwę zapamiętywanego zbioru. Ty zapamiętaj rysunek w nowym zbiorze (nazwą zbioru niech będzie Twoje imię). Ja w ramce zmieniam C:\EASYTRAX\DEMO.PCB na:

C:\EASYTRAX\PIOTR.PCB

Naciśnij **„enter"**. Zatwierdź nową nazwę naciskając **„Y"**.

W ten sposób możesz też zapamiętać zbiór np. na dyskietce podając ścieżkę dostępu np:

A:\PIOTR.PCB i akceptując **„Y"**.
Wyczyść ekran: **„F"**, **„C"**, **„Y"**.

Następnie załaduj „swój" zbiór: **„F"**, **„L"**, **"enter"**, podświetl PIOTR, **„enter"**.

Teraz znajdź na klawiaturze klawisze „Page Up" i „Page Down". Służą one do powiększania i pomniejszania rysunku na ekranie. Takie samo działanie mają klawisze funkcyjne **„F5"** i **„F6"**. Pobaw się nimi.

Teraz na wszelki wypadek naciśnij ze dwa razy **„esc"**, a potem z menu głównego wybierz polecenie Zoom, naciskając **„Z"**. Wypróbuj działanie wszystkich poleceń z menu dodatkowego Zoom.

Powiększyć obraz możesz wybierając **„Z"**, **„E"** (Zoom Expand), pomniejszyć - **„Z"**, **„C"** (Zoom Contract), ale częściej robi się to klawiszami **„F6"** i **„F5"**.

Polecenie **„Z"**, **„R"** (Zoom Redraw - rysuj od nowa) odświeża ekran - usuwa z niego śmieci, jakie powstają podczas normalnej pracy z programem. Polecenie to jest użyteczne, ale w praktyce wykonuje się je naciskając **„F9"** lub **„End"**, co jest równoznaczne z **„Z"**, **„R"**.

Tak samo zamiast **„Z"**, **„P"** (zoom Pan - centrowanie obrazu) używa się **„F10"** lub **„Home"**.

W praktyce z menu Zoom wykorzystuje się tylko polecenie **„Z"**, **„A"** (Zoom All = pokaż wszystko).
Pobaw się tym trochę.

A teraz zakończ pracę i wyjdź z programu: na wszelki wypadek **2 x „esc"**, potem **„F"**, **„Q"** (Quit - wyjdź), potwierdź wyjście - **„Y"**. Wyszedłeś do DOSa (Nortona lub Windows).

Jeśli dokonałbyś jakichkolwiek modyfikacji rysunku, to po podaniu **„F"**, **„Q"**, **„Y"** pojawiłaby się tabelka z pytaniem czy zapamiętać zmodyfikowany zbiór - zwykle wpiszesz **„Y"** i wtedy pojawi się kolejna tabelka podpowiadająca nazwę zapisywanego zbioru, zaakceptujesz ją naciskając **„enter"** lub podasz inną nazwę lub ścieżkę.

Posiadłeś oto podstawowe umiejętności - potrafisz już wejść do i wyjść z programu. Nie przejmuj się pozostałymi poleceniami z menu „F" (Dos, Files, Path) - z czasem poznasz je bliżej.

Krok drugi - polecenie MOVE

Wejdź znów do programu i załaduj „swój" zbiór.

Przesuwanie elementów. Z menu głównego wybierz polecenie Move naciskając **„M"**. Pojawi się menu dodatkowe. Naciśnij **„C"**. Wydałeś polecenie Move Component = przesuń element. Zauważ, że w dolnym lewym rogu ekranu w linii stanu pojawił się napis SELECT COMPONENT = wybierz element.

Wybierz więc! Najedź kursorem na dowolny układ scalony na płytce i naciśnij **„enter"**. Układ zostanie otoczony ramką - „oderwałeś" go właśnie od płytki. Porusz myszą lub naciśnij strzałki na klawiaturze - ramka przesuwa się. Naciśnij „enter" - umieściłeś układ w innym miejscu na płytce.

Żeby przesunąć następny element nie musisz naciskać **„M"**, **„C"** - w pasku stanu nadal masz napis SELECT COMPONENT -

wystarczy więc najechać kursorem na następny element, „oderwać" go, przesunąć i umieścić na płytce.

Wielu początkujących użytkowników pyta jak obrócić element. W Traxie można obracać element o kąt będący wielokrotnością 90° - wystarczy nacisnąć długi przycisk spacji.

W Easytraxie można też odwracać element względem osi X lub Y naciskając klawisz odpowiednio „**Y**" lub „**X**". Z tej możliwości należy korzystać bardzo ostrożnie, bowiem w przypadku układów scalonych odpowiada to lutowaniu ich od strony druku.

Pobaw się teraz i poprzesuwaj elementy na płytce. Dla dokładnego umieszczenia elementu na miejscu wykorzystaj „**F6**" i „**F5**". Jeśli po pewnym czasie „pracy" narobisz na ekranie śmieci, naciśnij klawisz odświeżania „**F9**" lub „**End**".

Zakończ przesuwanie elementów naciskając „**esc**".

Przesuwanie ścieżek. Przede wszystkim musisz wybrać warstwę, na której chcesz dokonywać zmian. Nasza płytka ma dwie warstwy ścieżek (potocznie mówi się, że jest to płytka dwustronna), ma stronę elementów (ang. component side) oznaczoną Top layer czyli warstwa górna, oraz warstwę dolną - stronę lutowania czyli solder side - Bottom layer. Płytka ma też warstwę opisu zwaną Overlay. Posłuży ona do wykonania farbą nadruku ułatwiającego montaż.

Punkty lutownicze umieszczone są w rzeczywistości na wszystkich czynnych warstwach ścieżek (ale nie w warstwie overlay); nasz program traktuje je jednak jakby umieszczone były na jeszcze innej warstwie zwanej Multilayer (dosł. wielowarstwa). Także przelotki, czyli metalizowane otwory łączące ścieżki w różnych warstwach umieszczone są na tej dziwnej warstwie multilayer.

Przełączaj teraz czynną aktualnie warstwę za pomocą przycisków „**+**" lub „**-**" lub „*****". Zauważ, że w pasku stanu na dole ekranu pokazane jest która warstwa jest aktywna. Możesz wybrać trzy warstwy, nie możesz natomiast wybrać warstwy multilayer; na pewno rozumiesz dlaczego.

Naciskając „**-**" wybierz teraz warstwę dolną (potocznie zwaną stroną druku) - Bottom layer. (aktywną warstwę mógłbyś też wybrać wpisując „**C**", „**L**" (Current Layer), ale w praktyce używa się klawiszy „**+**" i „**-**".

Zaczniesz teraz przesuwać ścieżki. W menu głównym wybierz rozkaz Move (naciśnij „**M**"), pojawi się menu dodatkowe i oto do wyboru masz kilka możliwości.

Naciśnij na początek „**D**" (Drag End). W pasku stanu po prawej stronie pojawi się napis: SELECT TRACK - wybierz ścieżkę. Polecenie Move Drag End pozwala przesuwać punkt połączenia odcinków ścieżek. Należy kursorem najechać na ścieżkę w aktualnie czynnej warstwie, nacisnąć „**enter**", wtedy pojawi się obrys ścieżek, a kursor skoczy do najbliższego „wierzchołka" - dwie najbliższe ścieżki „odklejają się" od płytki, po czym można przesunąć punkt połączenia w wybrane miejsce i „przykleić" naciskając "**enter**". Przesuń w ten sposób kilka "wierzchołków", a potem zakończ przesuwanie naciskając "**esc**".

Trax oferuje dalsze sposoby przesuwania ścieżek. Naciśnij „**M**", „**B**" (Move Break). Możesz w ten sposób załamać prostoliniowy odcinek ścieżki - wypróbuj to na kilku ścieżkach, potem zakończ naciskając „**esc**".

Wypróbuj teraz działanie polecenia „**M**", „**T**" (Move Track). Możesz z jego pomocą przesuwać równolegle wybrane odcinki ścieżek ciągnąc dwa sąsiednie odcinki.

Kolejne polecenie: „**M**", „**R**" (Move ReRoute) pozwala z prostego odcinka ścieżki uczynić łamaną; należy nacisnąć „**enter**", przesunąć kursor, znów nacisnąć „**enter**", znów przesunąć itd, na koniec nacisnąć „**esc**". Działa to jak wielokrotne wykonanie polecenia „**M**", „**B**".

Teraz poćwicz przesuwanie ścieżek za pomocą poznanych komend na obydwu warstwach ścieżek. Zwróć uwagę, jak zachowują się przelotki (Via) jeśli przesuwasz sąsiednie ścieżki.

Przelotki możesz przesuwać także poleceniem „**M**", „**V**" (Move Via).

Pozostałe polecenia z menu Move poznasz później.

Całym tym przesuwaniem narobisz sporo bałaganu na płytce. Miej świadomość, że na razie dzieje się to tylko w pamięci operacyjnej. Żeby wprowadzić zmiany do „Twojego" zbioru na dysku musiałbyś zapisać je znanym już poleceniem „**F**", „**S**" (File Save). Nie rób tego. Zrób coś, co może na pierwszy rzut oka wydać się dziwne: podaj rozkaz „**F**", „**L**" (File Load - załaduj zbiór). Pojawi się pytanie jaki zbiór chcesz załadować, a jako „podpowiedź" wystąpi nazwa „Twojego" zbioru. Zaakceptuj to naciskając „**enter**". Pojawi się kolejna tabliczka z pytaniem czy zachować dotychczas wprowadzone zmiany. Nie ma sensu zapamiętywać takich prób, więc naciśnij „**N**" - nie. Z dysku zostanie więc załadowany „Twój" oryginalny zbiór, a wszystkie wprowadzone zmiany po prostu przepadną. To nic, za chwilę znów zaczniesz wprowadzać bałagan.

Krok trzeci - polecenie Place i Delete

Rozkaz Place pozwoli Ci umieszczać na płytce punkty lutownicze (Pads), przelotki (Vias), ścieżki (Tracks), łuki i okręgi (Arcs), napisy (Strings), wypełnienia prostokątne (Fills) i elementy z biblioteki (Components). W czasie wykonywania ćwiczeń zwracaj uwagę na napisy pojawiające się na dole ekranu w linii stanu.

Punkty lutownicze. Trax ma „na wyposażeniu" sporo wzorów punktów lutowniczych o różnych kształtach i wielkości. Na razie poćwicz umieszczanie punktów „domyślnych" - Round62 - w pasku stanu po literce P masz właśnie taki napis.

Domyślasz się, że punkty można umieszczać naciskając „**P**", „**P**" (Place Pad), a potem po ustawieniu kursora - „**enter**" itd.

W praktyce częściej używa się klawisza „**F1**". Tym razem należy najpierw ustawić kursor w wybranym miejscu płytki, a potem nacisnąć „**F1**". Zauważ, że nie ma tu znaczenia, która warstwa jest aktywna!
Poćwicz oba sposoby.

Teraz zmień rodzaj punktu lutowniczego. Aby dostać się do tabeli dostępnych wzorów masz dwie możliwości: albo naciśnij kolejno „**C**", „**P**", albo jednocześnie „**Ctrl**"+„**P**". Podświetl potrzebny wzór i zaakceptuj go naciskając „**enter**". Wrócisz do menu głównego, a na dole ekranu, w linii stanu pojawi się informacja o wybranym przez Ciebie punkcie.

Sprawdź jak wyglądają poszczególne punkty lutownicze dostępne w tabeli. Liczby w oznaczeniach informują o wymiarach wyrażonych w milsach, czyli tysięcznych częściach cala.

Dokładnie tak jak punkty, możesz umieszczać przelotki (metalizowane otwory łączące ścieżki umieszczone na różnych warstwach) poleceniem „**P**", „**V**" (Place Via). Dostęp do tabeli z różnymi przelotkami uzyskasz naciskając „**C**", „**V**".

Ścieżki. Ścieżki możesz umieszczać na dowolnej czynnej warstwie poleceniem „**P**", „**T**" (place Track). Oczywiście „ścieżki" umieszczone w warstwie opisu Overlay nie będą przewodzić prądu - będzie to tylko nadruk farbą na płytce.

Po naciśnięciu „enter" zaczynasz rysować prostoliniowy odcinek ścieżki. Każde naciśnięcie „**enter**" umieszcza kolejny prostoliniowy odcinek ścieżki. Przerywasz rysowanie naciskając „**esc**". Aby zacząć rysować następną ścieżkę wystarczy nacisnąć „**enter**" itd.

W praktyce częściej korzysta się z klawiszy „**F3**" - początek ścieżki i punkt załamania oraz „**F4**" - koniec ścieżki.

Spróbuj też w trakcie rysowania zmieniać czynną warstwę z Bottom Layer na Top Layer i odwrotnie - przekonasz się po co i skąd biorą się przelotki.

W Traxie dostępne są różne szerokości ścieżek - szerokość wybiera się z tabeli, dostępnej analogicznie jak przy punktach, po naciśnięciu „**C**", „**T**" lub „**Ctrl**"+„**T**". W amatorskich płytkach ścieżki powinny być możliwie szerokie. Ścieżki sygnałowe mogą mieć szerokość 30 lub 50 milsów (0,762 lub 1,27mm), a ścieżki zasilające 70 lub 100 milsów (1,78 lub 2,54mm).

Łuki i okręgi. Na każdej czynnej warstwie mogą być umieszczone okręgi lub łuki. Najpierw naciśnij „**P**", „**A**" (Place Arc). Następnie przesuń kursor na miejsce gdzie ma się znaleźć środek okręgu i naciśnij „**enter**". Pojawi się zarys projektowanego okręgu. Zmień jego średnicę strzałkami „**w lewo**", „**w prawo**" po czym naciśnij „**enter**". Następnie klawiszami ze strzałkami wygaś lub zapal poszczególne ćwiartki okręgu i znów naciśnij „**enter**".

Jednoczesne wciśnięcie „**Ctrl**"+„**A**" jest równoznaczne z „**P**", „**A**".

Natomiast wybór szerokości ścieżki, jaką jest rysowany okrąg jest możliwy po wybraniu polecenia „**C**", „**A**".

Napisy. Napisy można umieszczać w dowolnej czynnej warstwie poleceniem „**P**", „**S**" (Place String). Pojawi się wtedy tabelka, w którą wpisz dowolny tekst (ale bez polskich liter), następnie naciśnij „**enter**". Teraz ustaw tekst na wybranym miejscu na płytce (tekst można obracać klawiszem spacji i odwracać klawiszami „**X**", „**Y**") i znów wciśnij „**enter**".

Odwracanie napisów za pomocą „**X**", „**Y**" jest potrzebne, jeśli mają być umieszczone od strony druku, w warstwie Bottom Layer.

Wielkość napisów możesz wybrać z tabelki dostępnej tak jak poprzednio po naciśnięciu „**C**", „**S**" lub „**Ctrl**"+„**S**". Napisy umieszczone

w aktualnie czynnej warstwie można przesuwać poleceniem **„M”**, **„S”**.

Wypełnienia. Na dowolnej czynnej warstwie możesz umieszczać wypełnienia (Fills), czyli prostokątne obszary miedzi, bądź farby opisu. Po naciśnięciu **„P”**, **„F”** (Place Fill) należy zgodnie z napisem w linii stanu umieścić jeden wierzchołek naciskając **„enter”**, a następnie przeciwległy wierzchołek drugim naciśnięciem **„enter”**.

Elementy z biblioteki. W pakiecie Easytrax jest zawarta biblioteka częściej używanych elementów, a ściślej mówiąc rysunków obudów.

Dzięki temu nie trzeba za każdym razem składać każdego elementu z punktów i linii opisu w warstwach Multilayer i Overlay. Ma to kolosalne znaczenie przy wprowadzaniu zmian, bowiem przesuwany jest jak już widzieliśmy, cały element, a nie poszczególne części składowe.

Obejrzyj teraz wszystkie elementy z biblioteki. Naciśnij **„L”**, **„B”** (Library Brorrow - pożycz z biblioteki). Pokaże się pierwszy element - leżący rezystor o rozstawie otworów lutowniczych 0,3 cala oznaczony AXIAL0.3. Po każdym dwukrotnym naciśnięciu **„enter”** pokaże się następny element. Gdy obejrzysz wszystkie elementy wróć do rysunku płytki naciskając dwukrotnie **„esc”**.

Teraz zapoznaj się z wykazem tych elementów dostępnym po naciśnięciu **„Ł”**, **„L”** (Library List). Wycofaj się naciskając **„esc”**.

Inne polecenia z menu Library poznasz później.

Teraz umieść kilka elementów bibliotecznych na płytce.

Naciśniesz **„P”**, **„C”** (Place Component). Pojawi się tabliczka, w którą masz wpisać nazwę obudowy. Jeśli jej nie pamiętasz wprowadź znak **„?”** i **„enter”**, a pojawi się poznany już wykaz dostępnych elementów. Podświetl potrzebną nazwę i naciśnij **„enter”**. Pojawi się tabelka do wpisania numeru elementu (Designator - oznaczenie). Jeśli taka sama lub podobna obudowa została już wcześniej umieszczona na płytce, w tabelce znajdziesz „podpowiedź” z kolejnym numerem elementu, np. R8. Gdy w tabeli znajdzie się właściwe oznaczenie naciśnij **„enter”**. Pojawi się następna tabelka do wpisania komentarza. Może to być wartość elementu, np. 4,7k, 3,9nF, typ układu scalonego np. TL074 itd. Warto wpisywać ten komentarz, będzie on pomocny przy sporządzaniu wykazu elementów.

Po wprowadzeniu i zaakceptowaniu komentarza przyciskiem **„enter”** umieść element na właściwym miejscu płytki używając myszy i klawisza spacji, potem znów naciśnij **„enter”**. Nie używaj **„X”**, **„Y”**.

Zauważ, że wprowadzone oznaczenie (Designator) i komentarz (Comment) pojawiły się na płytce w warstwie Overlay. Możesz je przesuwać poleceniem **„M”**, **„S”**.

Zapoznaj się teraz dobrze z dostępnymi w bibliotece elementami umieszczając je na płytce, nie żałuj na to czasu. Z czasem stworzysz własną bibliotekę.

Kasowanie i odtwarzanie. Wszystkie składniki rysunku wprowadzone poleceniem Place można usunąć rozkazem Delete.

Usuń kilka wolnych punktów: **„D”**, **„P”**, **„enter”**.

Czy zauważyłeś, że nie usuniesz tym sposobem punktów wchodzących w skład elementów bibliotecznych? Te ostatnie usuwasz w całości poleceniem **„D”**, **„C”**, **„enter”**. Wypróbuj ten rozkaz w sytuacji gdy kursor nie jest ustawiony nad elementem bibliotecznym - program zapyta Cię który element chcesz usunąć.

Ścieżki można kasować poleceniem **„D”**, **„T”**, **„enter”**, ale zwykle do tego celu wykorzystuje się klawisz **„F8”**.

Poświęć teraz trochę czasu na kasowanie wszystkich składników rysunku i nabierz wprawy w posługiwaniu się komendą Delete.

Jeśli przypadkowo niepotrzebnie skasowałeś coś z rysunku, sprawa nie jest beznadziejna, możesz to bez kłopotu odtworzyć poleceniem Un-Delete z menu głównego. Po wciśnięciu **„U”** pojawi się tabelka, wktórą wpiszesz ile ostatnio skasowanych składników rysunku chcesz przywrócić. Przećwicz to!

Powtarzanie. Jeśli masz umieścić w równych odstępach szereg jednakowych składników (punktów, ścieżek, elementów...) nie musisz robić tego „na piechotę” - możesz wykorzystać polecenie Repeat z menu głównego. Za jego pomocą „rozmnożysz” dowolną ilość razy (Repeat Count lub Count Default), w dowolnych odstępach w osi X i Y (X-, Y-Offset w milsach) ostatni składnik rysunku wprowadzony poleceniem Place. Przećwicz to z punktami, ścieżkami, a szczególną uwagę zwróć co dzieje się z numerami tak „rozmnażanych” elementów.

W przyszłości na pewno będziesz często wykorzystywał w praktyce możliwość wprowadzania w ten sposób szeregu jednakowych elementów bibliotecznych: rezystorów, diod, układów scalonych itp.

Myślę, że poradzisz sobie z tym zadaniem bez szczegółowego opisu postępowania.

Krok czwarty - edycja czyli wprowadzanie zmian

Część sposobów wprowadzania zmian poznałeś już przy poleceniu Move.

Teraz poznasz komendę Edit - edycja.

Edycja punktów. Polecenie **„E”**, **„P”** (Edit Pad) pozwoli Ci zmienić typ i wielkość dowolnego punktu lutowniczego umieszczonego na płytce. Wybierz punkt naciskając **„enter”**; pojawi się tabelka umożliwiająca wybór typu i wielkości punktu (Shape). Opcji Power/Gnd nie będziesz wykorzystywał - jest ona potrzebna przy projektowaniu wielowarstwowych płytek z oddzielnymi warstwami masy i zasilania.

Niesymetryczne punkty (np. R70x120) możesz obracać o 90° poleceniem Rotate.

Zauważ, że punkty lutownicze elementów bibliotecznych mają swoje numery (Designator); natomiast pojedyncze punkty umieszczone na płytce mają zawsze numer 0. W przyszłości przekonasz się, że jest to bardzo istotne przy generowaniu listy połączeń (Netlist).

W podobny sposób możesz zmieniać wielkość użytych przelotek (**„E”**, **„V”**) Przelotki oczywiście nie są numerowane.

Edycja ścieżek. Polecenie **„E”**, **„T”** (Edit Track) umożliwia przeniesienie ścieżki na inną czynną warstwę (Layer) oraz zmianę jej szerokości (Width).

Edycja napisów. Rozkazem **„E”**, **„S”** (Edit String) możesz zmienić wielkość (Size) i treść (Text) wybranego napisu.

Edycja okręgów. Polecenie **„E”**, **„A”** (Edit Arc) pozwala zmienić promień (Radius), szerokość ścieżki (Width) i warstwę (Layer). Można też wygasić lub "zapalić" poszczególne ćwiartki okręgu (Quadrants). Aby wybrać umieszczony na aktywnej warstwie okrąg należy kliknąć nie na jego środek, tylko na ścieżkę.

Jak należało się spodziewać, okręgi dają się przesuwać poleceniem Move Arc.

Edycja elementów bibliotecznych

Po wykonaniu polecenia **„E”**, **„C”**, wybór elementu, **„enter”** ukaże się tabelka pozwalająca zmienić oznaczenie elementu (Designator) i komentarz (Comment). Opcji Pattern nie będziesz wykorzystywał.

W opcji Designator możesz zmienić oznaczenie na inne (Text), ale program nie pozwoli, żeby na płytce były dwa elementy o takim samym oznaczeniu. Możesz napis na płytce ukryć (opcja Hide) lub zmienić jego wielkość (Size).

Podobnie możesz zmienić komentarz, ale tym razem program nie ma nic przeciwko istnieniu wielu elementów o takim samym komentarzu.

Podsumowanie

Po całej tej zabawie wyjdź z programu. Pewnie naciśniesz **„F”**, **„Q”**, **„Y”**, **„N”** (bo nie chcesz zachować zmienionego rysunku).

Jeśli jednak pragniesz zachować wprowadzone zmiany naciśniesz **„F”**, **„Q”**, **„Y”**, **„Y”**, **„enter”**. Pojawi się tabelka informująca, że zbiór o takiej nazwie istnieje, zawierająca pytanie, czy rzeczywiście chcesz zachować rysunek w tym zbiorze. Odpowiedz **„Y”**, zmodyfikujesz tym istniejący zbiór. Gdy jednak w tym miejscu odpowiesz **„N”** to wyjdziesz z programu do DOSa, a zbiór nie zostanie zapamiętany i być może stracisz w ten sposób rezultat wielogodzinnej pracy. Nacięło się na to już wielu użytkowników Traxa. Gdybyś w ostatniej chwili tuż przed wyjściem z programu zorientował się, że coś pomyliłeś, zawsze korzystaj z niezawodnego sposobu - naciśnij kilkakrotnie „esc” i powtórz procedurę kończenia pracy z programem.

W ten oto sposób nauczyłeś się podstaw obsługi programu projektowego. Celowo nie pokazałem Ci szeregu dalszych możliwości. Być może część z nich już odkryłeś sam. W następnym odcinku zapoznam Cię z możliwościami dostosowania programu do własnych potrzeb i upodobań, oraz z dalszymi istotnymi poleceniami.

Następnie przekażę Ci garść praktycznych wskazówek, jak zabierać się do projektowania płytek, żeby nie popełniać klasycznych błędów.

Piotr Górecki

Czujnik częstotliwości

kit AVT-2002

Do czego to służy?

Początkujący elektronik-amator boryka się z wieloma problemami, wśród których najtrudniejszym do rozwiązania jest brak aparatury pomiarowej w jego skromnym warsztacie. Opisy uruchamiania wielu urządzeń aż roją się od sformułowań typu: "Podłączamy wobulator....", "Sprawdzamy przy pomocy miernika częstotliwości...", czy też "Sondę oscyloskopu dołączamy do...". Wszystkie te przyrządy, bez wątpienia niezwykle użyteczne, a nawet niezbędne w pracy amatora czy profesjonalnego elektronika, mają same zalety i jedną, jedyną wadę: wysoką cenę. Wiele z nich możemy wprawdzie zbudować sami, ale... do tego też potrzebne są przyrządy pomiarowe, a i potrzebnych to budowy elementów nikt nie rozdaje za darmo. I tak koło się zamyka.

Redakcja Elektroniki dla Wszystkich postanowiła dopomóc początkującym elektronikom w zorganizowaniu sobie warsztatu pracy. Opracowaliśmy serię projektów uproszczonych przyrządów pomiarowych: generatorów, mierników i zasilaczy. Są to urządzenia proste, tanie ale w pełni funkcjonalne i użyteczne. Pozwolą one Wam rozpocząć pracę bez ponoszenia większych wydatków, zorientować się w swoich możliwościach i upewnić się, czy elektronika jest rzeczywiście ulubionym hobby. Później przyjdzie pora na rozbudowę i modernizację domowego laboratorium elektronicznego.

Wyobraźmy sobie następującą sytuację. Uruchamiamy jakieś na razie nie sprecyzowane cyfrowe urządzenie elektroniczne, w którym znajduje się generator o częstotliwości... no powiedzmy ok. 20kHz. Z bliżej nie znanych powodów urządzenie nie pracuje poprawnie. Sprawdziliśmy już wszystko co było można (nawet to czy urządzenie nasze jest w ogóle podłączone do zasilania).

Zaczynamy więc przypuszczać, że nie działa generator synchronizujący pracę układu. Bierzemy naszą poczciwą UM'kę i mierzymy napięcie na wyjściu podejrzanego generatora. Okazuje się, że wynosi ono ok. 2V. W układzie TTL, a z takim mamy do czynienia, może to świadczyć zarówno o poprawnej pracy urządzenia jak i o zwarciu ze sobą dwóch wyjść, jednego w stanie niskim a drugiego w wysokim. Aby ustalić stan faktyczny podłączamy do badanego fragmentu układu oscylo....STOOOOP!, nie mamy przecież oscyloskopu! Nie ma problemu, poradzimy sobie za pomocą miernika częstotliwości. Niestety, tego przyrządu też nie mamy. Na szczęście sytuacja nie jest bez wyjścia: pomóc może nam czujnik częstotliwości, urządzenie niezwykle proste, tanie i jednocześnie bardzo użyteczne.

Właściwości / parametry

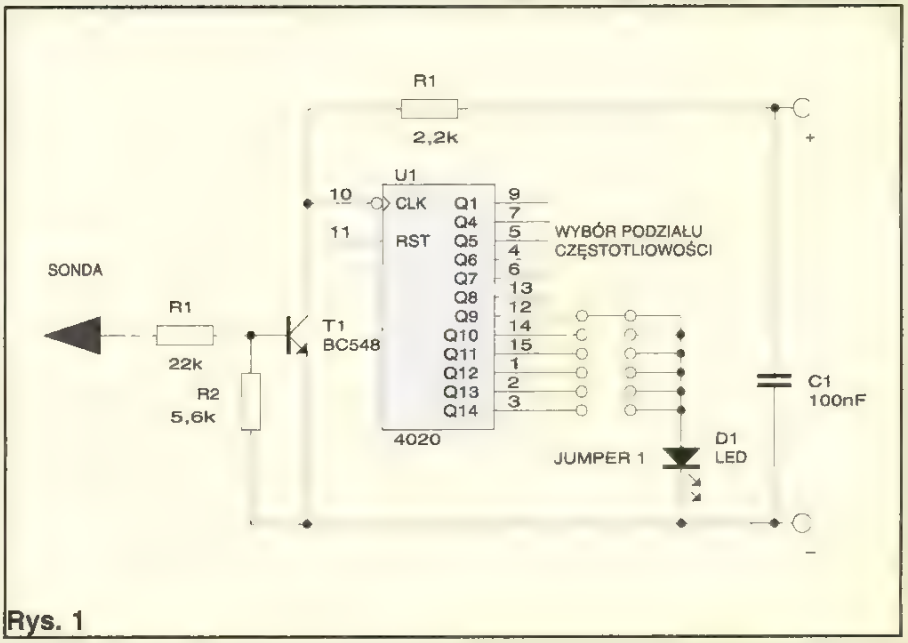
Zasilanie: 5...18VDC (z badanego układu)

Pobór prądu: ok. 10mA (dioda LED)

Jak to działa?

Schemat układu przedstawia **rysunek 1.** Sercem urządzenia jest układ scalony 4020, wykonany w technologii CMOS. 4020 jest czternastostopniowym binarnym licznikiem - dzielnikiem częstotliwości, posiadającym dwa wejścia i dwanaście wyjść. Omówimy je kolejno.

Wejście RST (nóżka 11) jest wejściem zerującym. Podanie na to wejście stanu wysokiego, to jest napięcia równego napięciu zasilania, powoduje wyzerowanie wszystkich wyjść licznika i zaprzestanie zliczania im-



Rys. 1

pulsów. Podanie na to wejście stanu niskiego (0V) powoduje rozpoczęcie zliczania od stanu zerowego. W naszym układzie wejście to połączone jest na stałe z masą. Jest na nim stan niski, tak więc licznik jest stale przygotowany do zliczania impulsów podawanych na wejście zegarowe.

Wejście CLK (nóżka 10) jest wejściem zegarowym. Na wejście to będziemy podawać przebieg prostokątny z badanego układu. Nadejście narastającego zbocza kolejnego impulsu powoduje zmianę stanu licznika o 1.

Wyjścia Q1...Q14 (nóżki 1...7, 9 i 12...15) są wyjściami, na których w postaci binarnej prezentowana jest zawartość licznika. Dla

Wyjście	Stopień podziału
Q1	1
Q4	8
Q5	16
Q6	32
Q6	64
Q7	128
Q8	256
Q9	512
Q10	1024
Q11	2048
Q12	4096
Q13	8192
Q14	16384

Tab. 1

nas najbardziej interesujący jest fakt, że na każdym kolejnym wyjściu częstotliwość podana na wejście układu dzielona jest przez 2. Jeżeli więc na wejście podamy ciąg impulsów o częstotliwości np. 32768Hz (tę częstotliwość autor wybrał z wrodzonego sobie lenistwa - ułatwi to mozolne dzielenie przez 2) to na wyjściu Q1 otrzymamy 16384Hz, na wyjściu Q2 -8192Hz, na Q3 - 4096Hz i tak dalej. Już teraz warto sporządzić sobie tabelkę podziału częstotliwości, która przyda się bardzo przy późniejszym użytkowaniu naszego przyrządu.

Jak widać, brakuje nam wyjść Q2 i Q3. Nie zostały one po prostu wyprowadzone na zewnątrz układu, ponieważ wymagałoby to zastosowania obudowy 18-o nóżkowej. No cóż, dziej się wola producenta, jakoś się bez tych wyjść obejdziemy.

Stopień wejściowy urządzenia został zrealizowany na tranzystorze T1. Pełni on dwie ważne funkcje:

1. Jest buforem pomiędzy badanym układem a wrażliwym na przepięcia wejściem układu CMOS.

2. Dostosowuje wejście urządzenia do dowolnego standardu: TTL i CMOS w pełnym zakresie napięć zasilających.

Pozostał nam jeszcze do omówienia układ wykonawczy, jak szumnie możemy nazwać diodę LED połączoną z jednym z wyjść licznika U1. Za pomocą jumpera możemy tę diodę połączyć z jednym z sześciu najstarszych (o największym stopniu podziału) wyjść dzielnika częstotliwości. Autor sądzi, że mniejsze stopnie podziału nie będą nam w praktyce potrzebne i dlatego ograniczył się do wykorzystania tylko ostatnich sześciu.

Kondensator C1 ma za zadanie odblokowywanie zasilania przyrządu. Zwiera on do masy ewentualne krótkie impulsy zakłócające, które mogłyby przedostać się z badanego urządzenia.

Montaż i uruchomienie

Na **rysunku 2** przedstawiono widok ścieżek i rozmieszczenie elementów na płytce drukowanej.

Montaż rozpoczynamy od dokładnych oględzin płytki drukowanej. Wprawdzie płytki produkowane przez AVT są bardzo dokładnie sprawdzane, ale jednak... Jeżeli wszystko jest w porządku to przystępujemy do montażu, rozpoczynając od elementów najmniejszych, to jest w naszym przypadku od rezystorów. Następnie montujemy kondensator, szereg "goldpinów", tranzystor, kondensator. Dobre zasady montażu urządzeń elektronicznych nakazują montowanie układów scalonych w podstawkach. Jeżeli jednak jej użyjemy to zmontowane urządzenie nie zmieści się w proponowanej obudowie. Jeżeli z kolei zrezygnujemy z podstawki a kostka U1 padnie.... Decyzję autor pozostawia Szanownym Czytelnikom, pomęczcie się trochę! Do pola lutowniczego oznaczonego napisem "SONDA" należy przylutować odcinek (ok. 5-o centymetrowej długości) drutu miedzianego o średnicy ok. 2mm, zaostrzonego na końcu. Do pół oznaczonych "+" i "-" dolutowujemy odcinki przewodów o długości kilkunastu centymetrów, zakończone miniaturowymi chwytakami teletechnicznymi.

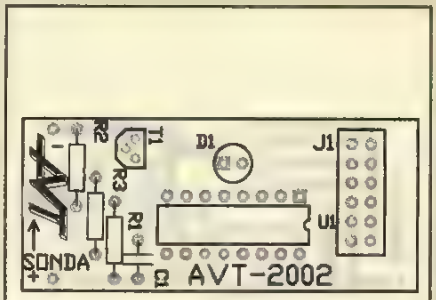
Powróćmy do naszego układu z generatorem, którego stanu nie mogliśmy ustalić. Mamy już teraz do dyspozycji narzędzie, za pomocą którego szybko wybrniemy z kłopotów. Za pomocą chwytaków podłączamy zasilanie naszego czujnika do badanego układu, uprzednio za pośrednictwem jumpera dołączając diodę do wyjścia o najmniejszym stopniu podziału. Mogą teraz zaistnieć trzy sytuacje:

1. Dioda zacznie migotać. Wniosek: badany generator jest sprawny.

2. Dioda zapali się światłem (z pozoru) ciągłym. Wniosek: generator najprawdopodobniej jest sprawny ale stopień podziału częstotliwości jest za mały. Przełączamy diodę na większy stopień podziału i ponawiamy próbę. Jeżeli dioda zacznie migotać to wniosek jak w pkt 1.

3. Dioda nie zapala się nawet po dłuższym oczekiwaniu i nie migocze. Wniosek: w badanym miejscu nie występuje żaden sygnał, badany układ jest niesprawny.

Za pomocą naszego urządzenia możemy



Rys. 2

dokonać także szacunkowego pomiaru częstotliwości badanego przebiegu. Za pomocą zegarka z sekundnikiem możemy oszacować z przybliżeniem częstotliwość migotania diody. Znając stopień podziału za pomocą zwykłego mnożenia możemy obliczyć badaną częstotliwość. Nie zastąpi to miernika częstotliwości z prawdziwego zdarzenia, ale może pomóc w wielu sytuacjach.

Zbigniew Raabe

WYKAZ ELEMENTÓW

1. Rezystory
R1: 2,2k
R2: 5,6k
R3: 22k

2. Kondensatory
C1: 100nF

3. Półprzewodniki
U1: CMOS4020
T1: BC548 lub odpowiednik
D1: dioda LED w dowolnym kolorze

4. Pozostałe
Podstawka 16
Chwytaki teletechniczne (2 szt.)
Przewody ok. 30cm.
"goldpiny", jumper
Obudowa od pilota alarmu samochodowego typu KM-12

Komplet podzespołów z płytką jest dostępny w sieci handlowej AVT, jako "kit szkolny" AVT-2002

Robot - zabawka z radarem

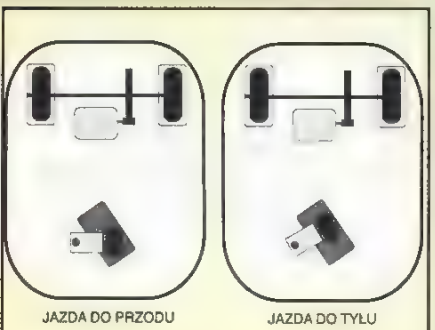
Do czego to służy?

Oczywiście, urządzenie to służy do zabawy, a przy tym również do nauki, czyli bawiąc uczy.

Jak to działa?

Przednie koła pojazdu połączone są za pośrednictwem przekładni z silnikiem elektrycznym "na sztywno", bez stosowania skomplikowanego mechanizmu różnicowego **(rys. 1)**. Tylne kółko zawieszone jest na krótkiej dźwigni o kącie obrotu ok 30°. Do przodu pojazd porusza się po linii prostej. Kiedy zmienimy kierunek obrotów silnika zabawka zaczyna jechać do tyłu. Dźwignia, na której zamocowane jest tylne kółko przesuwa się i pojazd zakręca. Po ponownej zmianie kierunku obrotów silnika jedzie do przodu ale już w innym kierunku. Jest to najprostsze z możliwych rozwiązanie sterowania, którego jedyną zaletą jest nieskomplikowana budowa.

Zabawki mechaniczne zbudowane wg.



Rys. 1

powyższej zasady były w swoim czasie i pewnie są jeszcze obecnie dość popularne. Każdy bez trudu znajdzie w rupieciarni swojego dziecka lub młodszego rodzeństwa odpowiednie podwozie do swojej konstrukcji. W przeciwnym wypadku pozostanie, niestety, samodzielne wykonanie części mechanicznej.

Jeżeli popatrzymy na schemat naszego urządzenia, to z pewnością natychmiast zauważymy pewną nieścisłość zawartą w tytule artykułu. Zabawka wcale nie jest wyposażona w radar, ale w "IDAR" (Infrared Detection And Ranging a nie Radio Detection And Ranging). Układ elektroniczny, przedstawiony na **rysunku 2**, został umownie podzielony na trzy bloki: nadajnika, odbiornika podczerwieni i bloku sterowania silnikiem. Omówimy kolejno ich działanie.

1. Nadajnik.

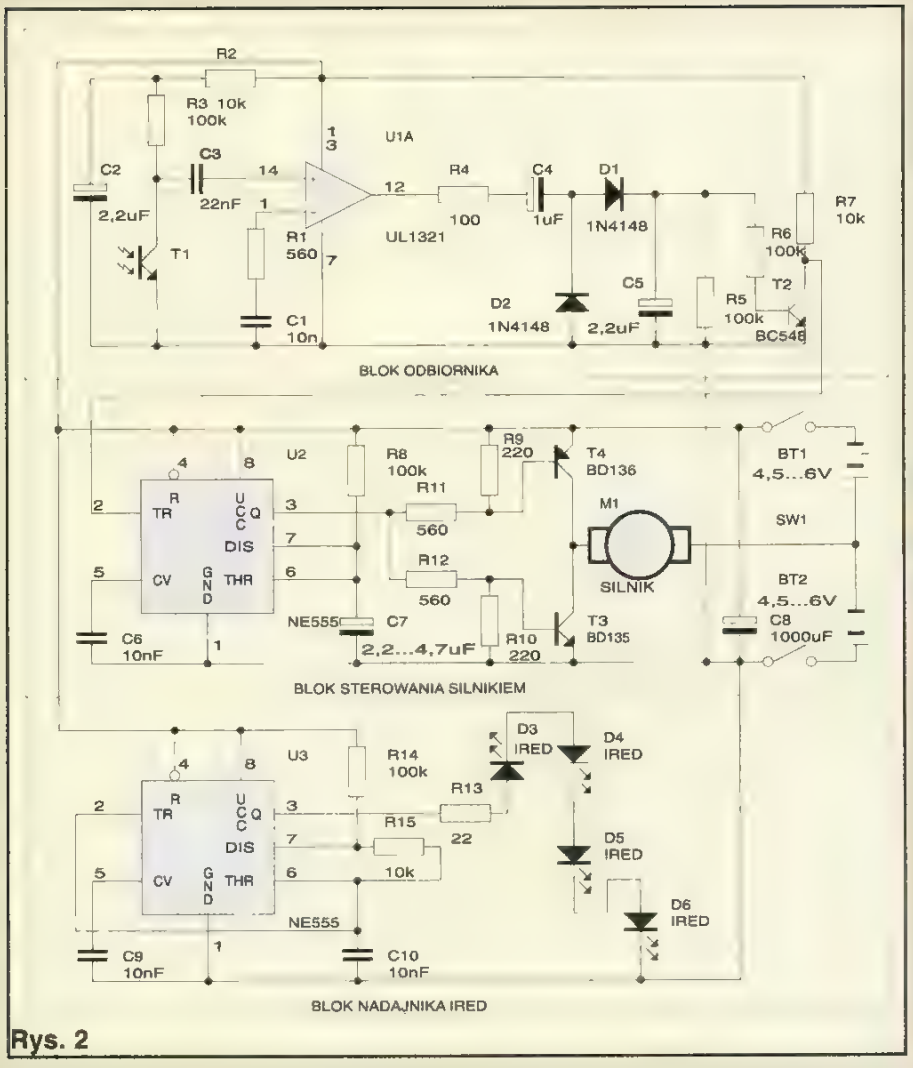
Układ nadajnika zbudowany został z wykorzystaniem popularnego układu scalonego NE555 - U3. Pracuje on jako generator multistabilny, generując impulsy o częstotliwości ok.10 kHz. Tak niska częstotliwość została wybrana celowo, aby umożliwić regulację urządzenia "na słuch", po podłączeniu głośniczka wysokoomowego do wyjścia odbiornika. Rezystory R14 i R15 zostały tak dobrane, aby wypełnienie impulsów było bardzo małe. Nie powoduje to zmniejszenia zasięgu urządzenia a zmniejsza nagrzewanie się diod IRED. Diody te sterowane są z wyjścia Q U3 za pośrednictwem ograniczającego płynący przez nie prąd, rezystora szeregowego R13.

2. Odbiornik.

Głównym elementem odbiornika jest część układu scalonego UL1321 - U1A. Odbity od przeszkody sygnał odbierany jest przez fototranzystor T1 i następnie wzmacniany. Stopień wzmocnienia zależny jest od rezystancji R1. Kondensator C1 zmniejsza wzmocnienie niskich częstotliwości, częściowo eliminując zakłócenia pochodzące np. z żarówek emitujących światło lekko zmodulowane częstotliwością 50Hz. Wzmocniony sygnał zostaje następnie poddany detekcji w układzie z diodami D1 i D2. Jeżeli napięcie na kondensatorze C5 przekroczy poziom ok. 0,7V tranzystor T2 zaczyna przewodzić, zwierając wejście 2 układu U2 - NE555 do masy. Układ z rezystorem R2 i kondensatorem C2 służy eliminacji zakłóceń pochodzących z pracy silnika.

3. Sterowanie silnikiem.

W stanie spoczynku na wyjściu Q układu U2, pracującego w tej aplikacji jako generator monostabilny, utrzymuje się stan niski. W efekcie tego tranzystor T4 przewodzi zamykając poprzez silnik obwód pomiędzy ujemnym biegunem baterii BT1 i plusem zasilania układu. Silnik powinien być podłączony w taki sposób, aby w takiej sytuacji pojazd poruszał się do przodu. Jeżeli teraz wejście 2 U2 zostanie zwarte do masy, układ ten rozpocznie generowanie impulsu o czasie trwania określonym przez pojemność C7 i rezystancję R8. Na wyjściu Q U2 pojawi się stan wysoki. Tranzystor T4 przestanie przewodzić a tranzystor T3 zamknie



Rys. 2

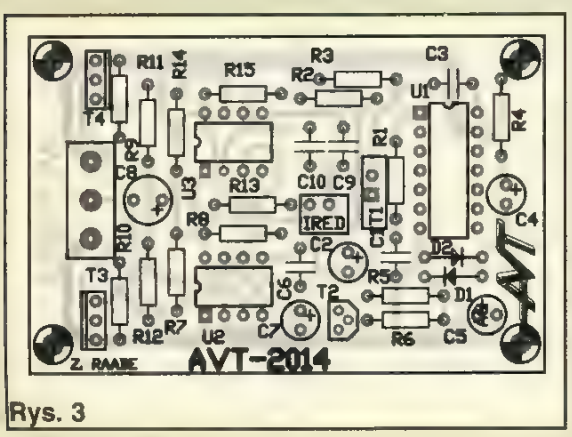
poprzez silnik obwód pomiędzy dodatnim biegunem baterii BT2 i masą zasilania. Silnik zacznie obracać się w przeciwnym kierunku i pojazd zacznie cofać się do tyłu, jednocześnie zakręcając. Kiedy układ U2 zakończy generowanie impulsu silnik ponownie zmieni kierunek obrotów i pojazd pojedzie do przodu, ale w innym kierunku niż uprzednio.

W wielu przypadkach tranzystory T3 i T4 mogą okazać się zbędne. Maksymalny prąd jaki może płynąć przez wyjście Q U2 wynosi 200mA. W egzemplarzu modelowym zastosowany został z konieczności silnik produkcji ZSRR, który charakteryzował się bardzo wysokimi parametrami .... strat, i w momencie rozruchu pobierał prąd do 1A! Jeżeli jednak użyjemy silnika lepszej jakości (np. silniczka od magnetofonu kasetowego) to wymienione tranzystory mogą okazać się niepotrzebne. W takim wypadku końcówkę 1 silnika podłączymy bezpośrednio do wyjścia Q U2.

Montaż i uruchomienie

Należy dobrać doświadczalnie pojemność C7 i rezystancję R8 tak, aby pojazd podczas ruchu do tyłu wykonywał zwrot o ok. 45°. Diody IRED montujemy na przedniej ściance obudowy zabawki. Natomiast osobnego omówienia wymaga sprawa zamontowania fototranzystora. Pojawiają się tutaj dwa problemy:

1. Fototranzystor musi być osłonięty przed zewnętrznymi źródłami światła a jednocześnie dobrze "widzieć" światło odbite od przeszkody. Zbyt mocne oświetlenie fototranzystora światłem stałym, np. przez umieszczoną nisko lampę może zmienić jego punkt pracy i tym samym jego czułość a nawet doprowadzić do jego zatkania. Jakimś rozwiązaniem jest umieszczenie fototranzystora na końcu poczernionej wewnątrz rurki. Z przyczyn technicznych nie zawsze jest to możliwe. Lepszym wyjściem byłoby zasłonięcie fototranzystora filtrem przepuszczającym tylko promieniowanie podczerwone. Nie załatwia to wprawdzie do końca problemu, ponieważ większość powszechnie stosowanych źródeł światła także emituje promieniowanie podczerwone, ale eksperymenty wykazały że jest to rozwiązanie w praktyce wystarczające. Niestety, takie filtry są trudno dostępne i prawdopodobnie dość drogie.



Rys. 3

c.d na str. 48

WYKAZ ELEMENTÓW

1. Półprzewodniki

U1: UL1321
U2, U3: NE555
D1, D2: 1N4148 lub odpowiednik
D3, D4, D5, D6: dowolne diody nadawcze IRED
T1: fototranzystor
T2: BC548 lub odpowiednik
T3: BD135 lub odpowiednik
T4: BD136 lub odpowiednik

2. Kondensatory

C1, C10: 10nF
C2, C5, C7: elektrolit. 2.2µF/16V
C3, C6, C9: 22nF
C4: 1µF/40V
C8: 1000µF/16V

3. Rezystory

R1, R11, R12: 560
R2, R7, R15: 10k
R3, R5, R6, R8, R14: 100k
R4: 100 /
R9, R10: 220 /
R13: 22 /

4. Pozostałe

SW1: Podwójny wyłącznik
Złącze ARK3
Elementy potrzebne do wykonania urządzenia nie wchodzące w skład kitu:
BT1, BT2: baterie, np. "płaskie" 4.5V
M1 silnik prądu stałego 4.5V
Mechanizm napędowy od starej zabawki lub wykonany samodzielnie.
Drobne elementy montażowe.
Ew. dowolna mała dioda LED i rezystor ok. 1k

Komplet podzespołów z płytką jest dostępny w sieci handlowej AVT, jako "kit szkolny" AVT-2014

Najprostszy generator melodii

kit AVT-2051

Do czego to służy?

Tajwańska firma UMC wśród bogatej oferty układów scalonych produkuje także kilka typów układów "grających", z zaprogramowaną melodyjką.

Najprostszymi do zastosowania i bodaj najtańszymi układami "z melodyjką" są kostki serii UM66. Ponieważ układy te mogą znaleźć szerokie zastosowanie w różnych poważnych i mniej poważnych konstrukcjach, chcemy je przedstawić naszym Czytelnikom.

Opisany prosty układ może być użyty w roli dzwonka przy drzwiach lub we wszelkich układach sygnalizacyjnych.

Właściwości / parametry

Zakres napięć zasilania: 1,3...3,3V
Pobór prądu w czasie pracy: max 60µA
w spoczynku (dotyczy wersji S): max 1µA
Wydajność prądowa wyjścia: typ 1,5mA przy Uzas=1,3V
Zakres temperatur pracy: -10...+60°C

Jak to działa?

Każdy, kto "nie dotykał" jeszcze takich kostek ma okazję zapoznać się z nimi w praktyce.

Układ z wyglądu przypomina tranzystor, zamknięty jest w plastikowej obudowie TO-92. Budowa wewnętrzna jest skomplikowana - struktura zawiera pamięć ROM, mnóstwo liczników i układy sterujące. Jednak przeciętnego użytkownika wcale to nie interesuje. Ważny jest efekt końcowy.

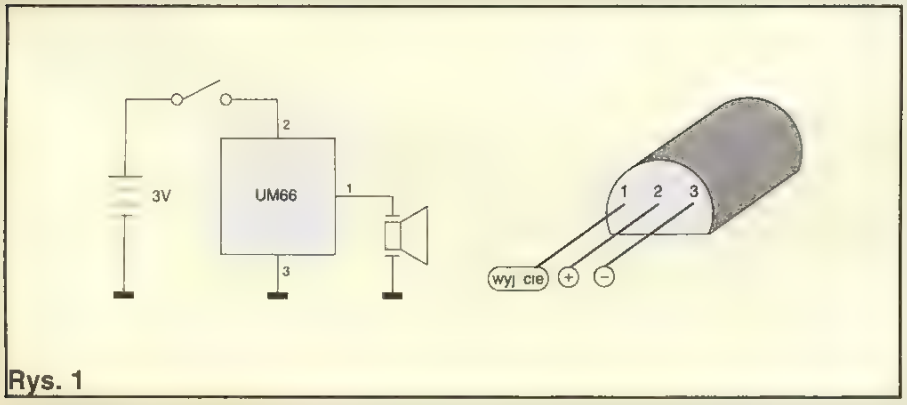
Rysunek 1 pokazuje najprostszy przykład zastosowania. Oprócz baterii i wyłącznika jedynym niezbędnym elementem jest popularna membranka, czyli tzw. przetwornik piezoelektryczny.

W kostce zapisana jest melodia, którą można zidentyfikować po numerze układu. Dodatkowa dwucyfrowa liczba w oznaczeniu określa zaprogramowaną melodię: przykładowo w kostce UM66T08 zapisano melodię Happy Birthday to You, UM66T09 - marsz Mendelssohna, UM66T11 - Love Me Tender, UM66T19 - "Dla Elizy"...

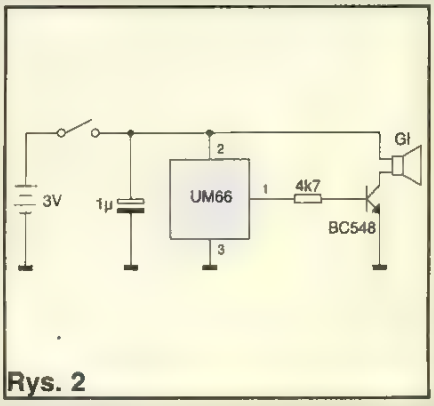
Układy produkowane są w dwóch wersjach. W obu układ zaczyna odtwarzać melodyjkę po dołączeniu napięcia zasilania. Różnica polega na tym, że wersja S (np. UM66T20S) kończy odtwarzanie po dojściu do końca utworu i przechodzi w bezprądowy stan oczekiwania, natomiast wersja L (np. UM66T20L) powtarza melodię bez końca, dopóki dołączone jest napięcie zasilające. W obu wersjach przerwanie odtwarzania w dowolnym miejscu utworu następuje po odłączeniu zasilania.

Uwagi praktyczne

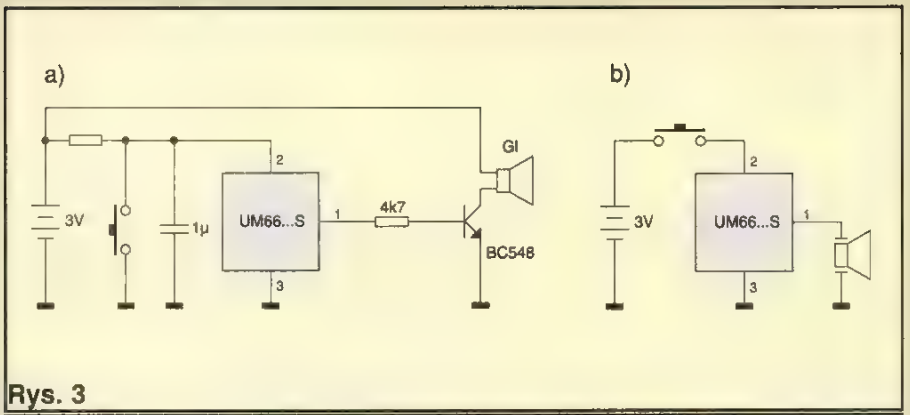
W praktyce okazuje się, że większość popularnych membranek piezo ma niewielką skuteczność i dźwięk jest cichy, szczególnie



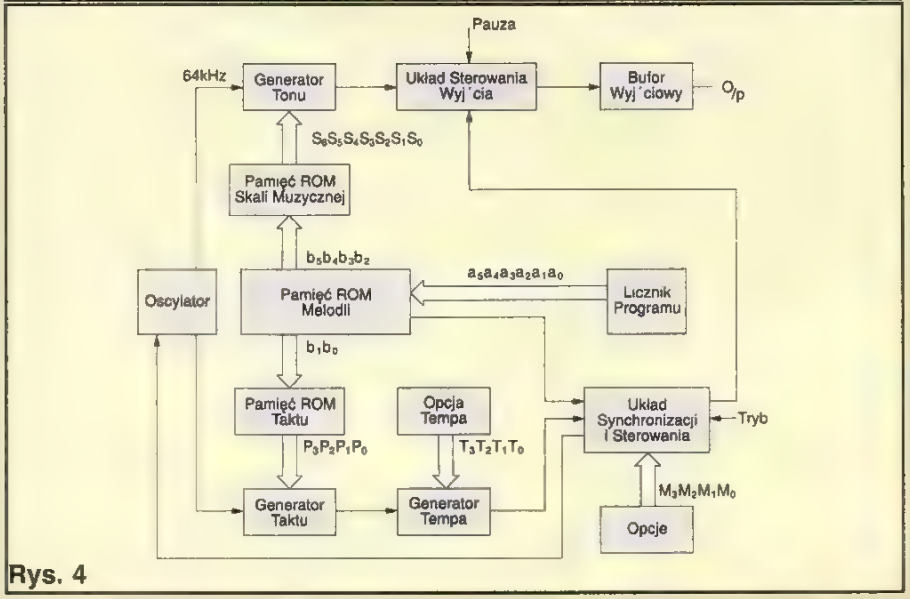
Rys. 1



Rys. 2



Rys. 3



Rys. 4

przy zasilaniu 1,5V. Aby przy zasilaniu 1,5V uzyskać zadowalającą głośność wystarczy zastosować membranę z plastikową tubą, jak w układzie pokazanym na fotografii. (przetworniki takie używane są w układzie defendera AVT-113). Dobry efekt uzyskuje się też stosując głośnik -na przykład według schematu przedstawionego na **rysunku 2.**

Warto zwrócić uwagę, że przy stosowaniu głośnika należy dodać kondensator filtrujący zasilanie o pojemności minimum 1µF i w czasie pracy należy się liczyć ze znacznym poborem prądu, wynikającym z małej rezystancji głośnika.

Z kolei **rysunek 3** pokazuje wersję do jednokrotnego odtwarzania pracującą z układem UM66..S. Oczywiście, melodia jest jednokrotnie odtwarzana po naciśnięciu i zwolnieniu przycisku.

Bardzo mały pobór energii wersji z przetwornikiem piezo pozwala zastosować do zasilania baterie guzikowe, nawet zegarkowe o pojemności rzędu kilkudziesięciu...kilkuset mAh. Wystarczą one na bardzo długi okres czasu. Bardzo dobrym rozwiązaniem jest użycie baterii litowych o napięciu 3V.

Dla bardziej dociekliwych Czytelników na **rysunku 4** przedstawiamy budowę wewnętrzną układu UM66.

Piotr Górecki

WYKAZ ELEMENTÓW

1. Półprzewodniki

U1: UM-66

2. Różne

P: przetwornik piezoelektryczny

SW: mikrowyłącznik

Komplet podzespołów z płytką jest dostępny w sieci handlowej AVT, jako "kit szkolny" AVT-2051

c.d ze str. 46

Autor opracował prostą metodę wykonania filtrów praktycznie nie przepuszczających światła widzialnego a całkowicie przezroczystych dla podczerwieni i ulrafioletu.

Takim filtrem jest fotograficzny film odwracalny (stosowany do wykonywania przezroczy) nienaświetlony i wywołany w procesie odwracalnym lub, jeszcze lepiej: całkowicie prześwietlony i wywołany na negatyw. Kawałki takiej kliszy możemy uzyskać z końcówek wywołanych filmów odwracalnych, ponieważ w aparacie zawsze pozostaje nienaświetlony kawałeczek taśmy. Jeżeli nie mamy dostępu do takiego materiału to możemy poradzić sobie inaczej. Kupujemy rolkę filmu odwracalnego, może to być nawet ORWO UT21. Początek filmu wyciągamy z kasety i prześwietlamy tak, aby uzyskać potrzebną nam ilość filtru. Następnie taśmę zwijamy z powrotem, wkładamy do aparatu i wykonujemy kilka zdjęć "na pusto" aby przewinęła się prześwietlona część taśmy. Następnie normalnie fotografujemy i oddajemy film do wywołania na negatyw (nie zmarnujemy w ten sposób filmu, ponieważ z tak obrobionego materiału można uzyskać odbitki doskonałej jakości). Oczywiście możemy prześwietlić i wywołać cały film lecz byłoby to marnotrawstwo bo uzyskana ilość filtru starczyłaby nam chyba na dziesiątki lat.

2. Drugim, niezwykle istotnym problemem jest ustawienie punktu pracy fototranzystora i tym samym uzyskanie jego maksymalnej czułości. W opisanej prostej zabaweczce zasięg naszego IDAR'u nie jest taki istotny bo i tak układ zdąży w porę zareagować na przeszkodę. W przyszłości będziemy jednak wykonywać o wiele bardziej rozbudowane zabawki a ponadto udoskonalony IDAR może nam się przydać w innych zastosowaniach. Jeżeli dysponujemy fototranzystorami z wyprowadzoną bazą to nie ma problemu. Takie fototranzystory są jednak trudno dostępne. Na szczęście możemy poradzić sobie w bardzo prosty sposób! W pobliżu osłoniętego filtrem fototranzystora umieszczamy dowolną, małą diodę świecącą (nie ma jej na schemacie ani w zestawie elementów). Do wyjścia U1 podłączamy poprzez kondensator głośniczek wysokoomowy. Uruchamiamy całość układu i zmieniając siłę świecenia diody lub jej odległość od fototranzystora, na słuch ustawiamy jego maksymalną czułość.

Podczas uruchamiania urządzenia możemy niekiedy spotkać się ze zjawiskiem wzbudzania się U1A. Można temu zaradzić dołączając pomiędzy nóżki 12 i 11 tego układu kondensator o wartości ok. 51 - 100p. Na płytce nie przewidziano miejsca na ten kondensator, należy go ewentualnie przylutować bezpośrednio do nóżek kostki.

Zbigniew Raabe

Najprostszy wzmacniacz akustyczny 3W

kit AVT-2050

Do czego to służy?

Seria "Elektronika 2000" zawiera szeroką gamę wzmacniaczy akustycznych. Ich prezentacja sprowadza się zwykle do opisu układów scalonych, gdyż układy aplikacyjne są tak proste, że właściwie sam układ scalony stanowi cały wzmacniacz. Dobrym przykładem jest kostka TDA7056. Czy można zrobić wzmacniacz jeszcze prościej?

Oto wzmacniacz o mocy 3W składający się z... czterech elementów.

Spośród całej rodziny wzmacniaczy TDA705X właśnie ta kostka wyróżnia się bardzo małym prądem spoczynkowym przy znacznej maksymalnej mocy wyjściowej.

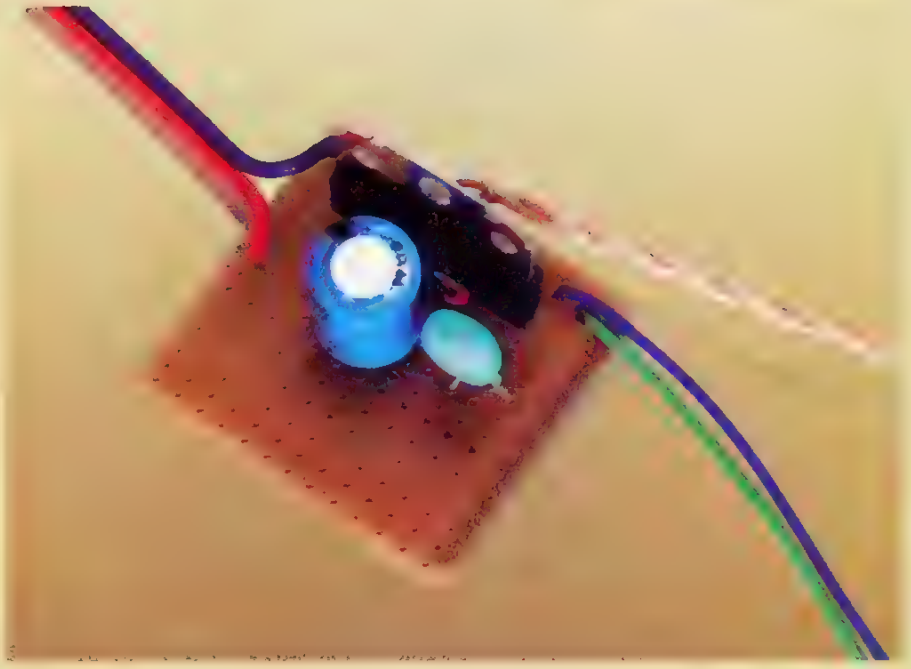
Układ mający tak dobre parametry znajdzie szereg zastosowań, szczególnie w urządzeniach zasilanych bateryjnie. Ze względu na prostą aplikację stanowi kuszącą alternatywę przy naprawach starszego sprzętu grającego.

Moc wyjściowa 1...3W to w rzeczywistości pokaźna moc, wystarczająca do poprawnego nagłośnienia nawet dużych pomieszczeń.

Opisana dalej kostka warta jest szerszego spopularyzowania.

Właściwości / parametry

Zakres napięć zasilania: 3...18V
Wzmocnienie napięciowe: 40dB (100x)
Pasmo przenoszenia: 20...20000Hz
Zniekształcenia harmoniczne (Pwy=0,5W): typ. 0,25%
Impedancja wejściowa: typ. 100k
Wejściowy prąd polaryzujący: typ. 100nA
Tłumienie tętnień zasilania: typ. 50dB

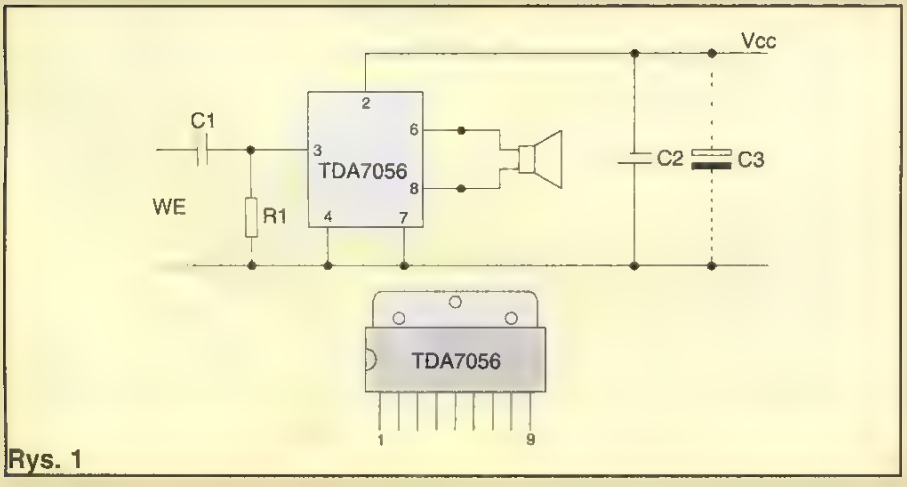


Jak to działa?

Układ aplikacyjny kostki pokazany na **rysunku 1** zawiera rezystor polaryzujący wejście (R1) i kondensator separujący C1. Kondensator C2 odsprzęga zasilanie więc powinien być montowany jak najbliżej układu scalonego. Ewentualny kondensator elektrolityczny C3 powinien być stosowany przy współpracy ze źródłami zasilania o znacznej rezystancji wewnętrznej. Gdy kondensator C3 jest umieszczony blisko układu scalonego, stosowanie C2 nie jest konieczne.

Źródłem zasilania są ogniwa galwaniczne lub akumulatorki CdNi.

Dużą zaletą przy zasilaniu bateryjnym jest niewielki spoczynkowy prąd zasilania wynoszący typowo 5mA.



Rys. 1

Układ może być oczywiście zasilany z sieci za pośrednictwem zasilacza o napięciu 3...18V.

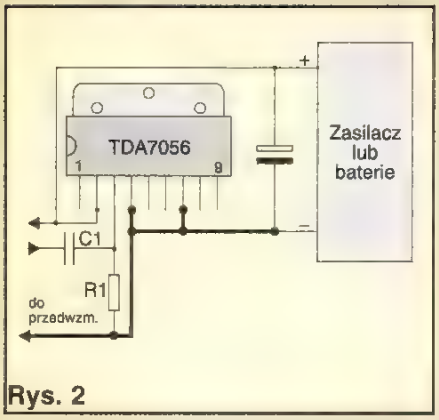
Stopnie wyjściowe układu scalonego TDA7056 pracują w układzie mostkowym (BTL), można więc uzyskać znaczną moc przy niewielkim napięciu zasilającym. Przykładowo przy obciążeniu 8Ω i zasilaniu 6V układ dostarcza 1W mocy, a przy napięciu 11V i rezystancji obciążenia 16Ω można uzyskać moc wyjściową równą 3W.

Szczytowa wartość prądu wyjściowego nie powinna przekraczać 1A, ale dzięki wbudowanym zabezpieczeniom układ nie ulegnie uszkodzeniu nawet podczas zwarcia.

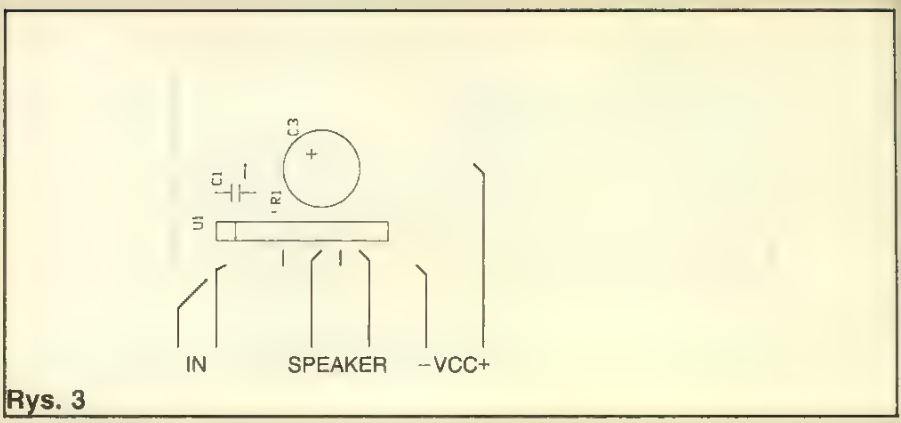
Należy tu odróżnić użyteczną moc wyjściową dostarczaną do obciążenia, od mocy strat wydzielającej się w układzie scalonym w postaci ciepła. Zarówno moc użyteczna jak i moc strat zależą od napięcia zasilania i rezystancji obciążenia. W praktyce, bez większego błędu, a nawet z lekkim zapasem można przyjąć, że moc tracona wynosi zwykle około 60% mocy wyjściowej podawanej w katalogu.

Moc strat, wydzielaną w postaci ciepła należy odprowadzić do otoczenia.

Dla scharakteryzowania właściwości cieplnych obudowy podaje się rezystancje termiczne między złączem a obudową (Rthjc) oraz między złączem a otoczeniem (Rthja). Rezystancja ta informuje ile stopni wyniesie różnica temperatur między złączem a obu-



Rys. 2



Rys. 3

dową (lub otoczeniem) przy mocy traconej równej 1W.

Dla kostki TDA7056 rezystancje termiczne wynoszą:

Rthja - 55K/W, Rthjc - 10K/W.

Przykładowo, jeśli moc strat wynosi 2W, to różnica temperatur złącze-otoczenie będzie równa 110°C (2W * 55K/W). Przy temperaturze otoczenia +25°C złącze rozgrzeje się do +135°C, czyli mniej niż wynosi dopuszczalna temperatura złącza równa +150°C

Natomiast maksymalna moc tracona przy temperaturze obudowy +60°C sięga 9W, ale w praktyce nikt nie będzie próbował "wydusić" z kostki kilkunastu watów użytecznej mocy wyjściowej.

W typowych warunkach (11V, 16Ω) moc rozpraszana nie przekracza 1,5W, przy niższych napięciach jeszcze mniej, więc układ może pracować bez radiatora. Jednak zastosowanie niewielkiego radiatora z kawałka blachy nigdy nie zaszkodzi.

Parametry układu TDA7056 wskazują, że kostka ta jest idealna do wszelkich urządzeń bateryjnych.

Chcemy jednak powiadomić naszych Czytelników o pewnej specyficznej właściwości tego układu scalonego. Ktoś mógłby pomyśleć, że układ można było jeszcze bardziej "odchudzić", umieszczając rezystor polaryzujący wewnątrz układu scalonego.

Tymczasem pozostawienie rezystora na zewnątrz ma swoje uzasadnienie. Otóż podany prąd spoczynkowy (5mA) dotyczy sytuacji bez dołączonego głośnika. Ponieważ stopnie końcowe pracują w układzie mostkowym bez kondensatora wyjściowego, różnica napięć na wyjściach (nóżki 6 i 8) wynikająca z nieuchronnych rozrzutów produkcyjnych spowoduje przepływ dodatkowego prądu stałego przez głośnik (i tym samym wzrost prądu spoczynkowego). Już różnica napięć wyjściowych równa 20mV spowoduje przepływ przez 8-omowy głośnik prądu stałego o wartości 2,5mA.

Jeśli więc zależy nam na każdym miliamperze prądu zasilania i chcemy zachować spoczynkowy pobór prądu równy 5mA, należy dla danego egzemplarza układu scalonego dobrać wartość rezystora wejściowego (R1), aby uzyskać jednakowe napięcie stałe na obu wyjściach, co da najmniejszy prąd spoczynkowy.

Jeśli jednak jeden, czy dwa dodatkowe miliampery nie grają większej roli, można stosować rezystor R1 o wartości 3,9...10k .

Montaż i uruchomienie

Na fotografii pokazano wzmacniacz z układem TDA7056 zmontowany na kawałku płytki uniwersalnej PU-02. Montaż czterech elementów na płytce nie powinien sprawić żadnych trudności **(rys. 3)**. Nie powinno być także wątpliwości co do numeracji wyprowadzeń US1, bo obudowa przypomina popularne kostki DIL, tyle że z wyprostowanymi nóżkami.

Po zmontowaniu płytki należy starannie sprawdzić poprawność montażu, w szczególności, czy podczas lutowania nie nastąpiły jakieś zwarcia.

Można także we własnym zakresie dobrać wartość R1 aby uzyskać minimalne napięcie stałe między wyprowadzeniami 6 i 8 US1. Jeśli rezystancja ta miałaby być mniejsza niż 3k , należy zwiększyć pojemność C1 do 1µF.

Można też, choć w ogromnej większości zastosowań nie jest to konieczne, dodać niewielki radiator o powierzchni kilku cm^2 z kawałka blachy aluminiowej, miedzianej czy mosiężnej.

Ponieważ wzmacniacz współpracuje z jakimś źródłem sygnału, zwykle z przedwzmacniaczem, należy przestrzegać zasad prowadzenia masy podanych na **rysunku 2**. Przy niewłaściwym prowadzeniu masy zwiększą się zniekształcenia, a w skrajnym przypadku układ może się wzbudzić. Dlatego obwód masy powinien być możliwie krótki.

Przy połączeniu mas według rysunku 2 nie powinny wystąpić żadne kłopoty.

Układ może być zasilany z kilku akumulatorów lub ogniw typu R6. Choć pobór prądu w spoczynku nie przekracza 6mA, w szczytach wysterowania rośnie do kilkuset miliamperów. Z uwagi na duży szczytowy pobór prądu zaleca się używanie bardzo dobrej jakości ogniw alkalicznych, a jeszcze lepiej akumulatorów CdNi. W praktyce okazuje się bowiem, że niekiedy układ nie chce pracować poprawnie z najtańszymi bateriami węglowymi. Przyczyną jest znaczna rezystancja wewnętrzna takich ogniw. Z tego też względu trzeba stosować kondensator C3 filtrujący zasilanie. Wydawałoby się, że jest on potrzebny tylko przy zasilaniu sieciowym do odfiltrowania tętnień - życie pokazuje jednak, że koniecznie trzeba go stosować także przy zasilaniu bateryjnym.

Przy zasilaniu sieciowym trzeba zwrócić uwagę, by nie przekroczyć dopuszczalnego maksymalnego napięcia zasilania równego 18V, należy więc raczej stosować zasilacze stabilizowane. Przy zasilaniu 12V korzystniej jest pracować z rezystancją obciążenia równą 16Ω. Przy obciążeniu 8Ω moc będzie tylko nieznacznie większa, zdecydowanie wzrosną natomiast straty.

Piotr Górecki

WYKAZ ELEMENTÓW

1. Rezystory
R1: 6,8k

2. Kondensatory
C1: 470nF
C2: 100nF ceramiczny
C3: 220...470µF/16V

3. Półprzewodniki
US1: TDA7056

4. Pozostałe
* płytka uniwersalna PU-02

Komplet podzespołów z płytką jest dostępny w sieci handlowej AVT, jako "kit szkolny" AVT-2050

Aktywny tor podczerwieni dalekiego zasięgu

kit AVT-2044

Do czego to służy?

Torów podczerwieni (fotokomórek) opisano już w literaturze elektronicznej sporo. Niemniej sądzimy że proponowany układ spotka się z zainteresowaniem Czytelników, głównie ze względu na jego zasięg. Największy dystans na jaki pracowało to urządzenie wynosił ok. 80m. i nigdy nie było ono testowane na większe odległości. Ponieważ jednak w wymienionym przypadku odbierany sygnał był bardzo silny, można przypuszczać, że przy dokładnej regulacji można będzie osiągnąć jeszcze większy zasięg. Będzie to się jednak wiązało z poważnymi problemami mechanicznymi: koniecznością zapewnienia bardzo stabilnego zamocowania tak nadajnika jak i odbiornika.

Właściwości / parametry

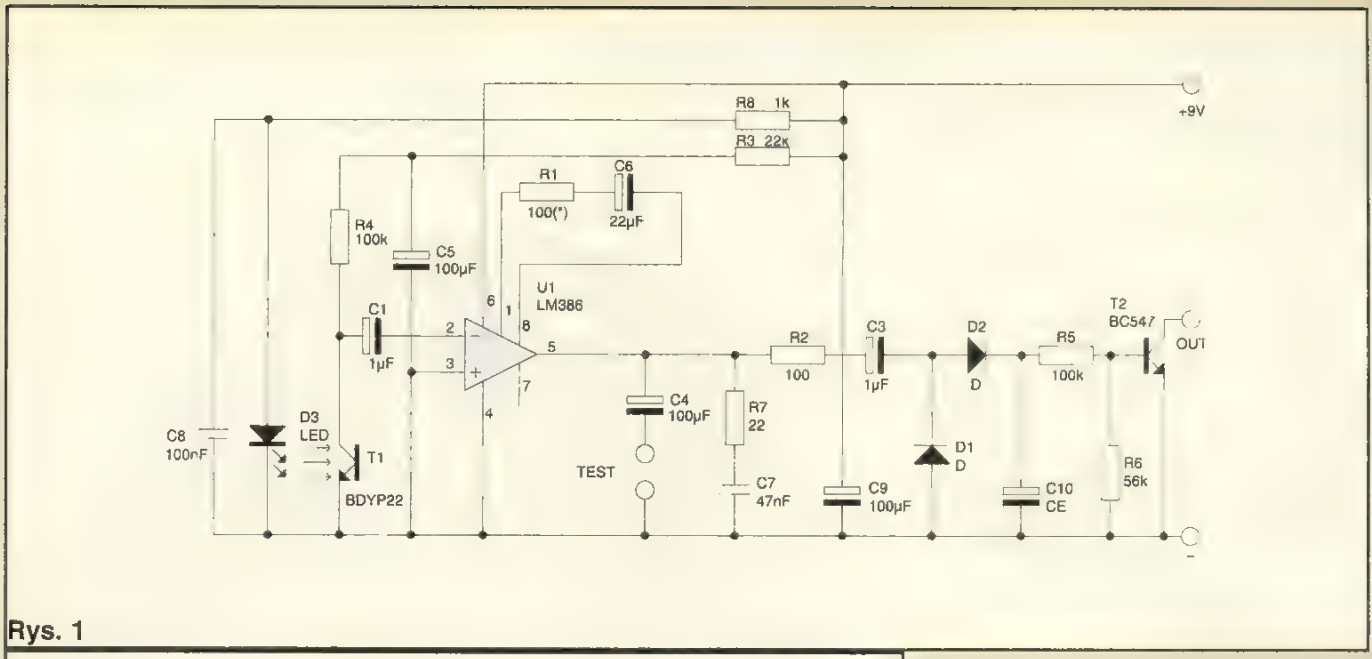
Zasilanie: +9V

Pobór prądu: ok. 100mA

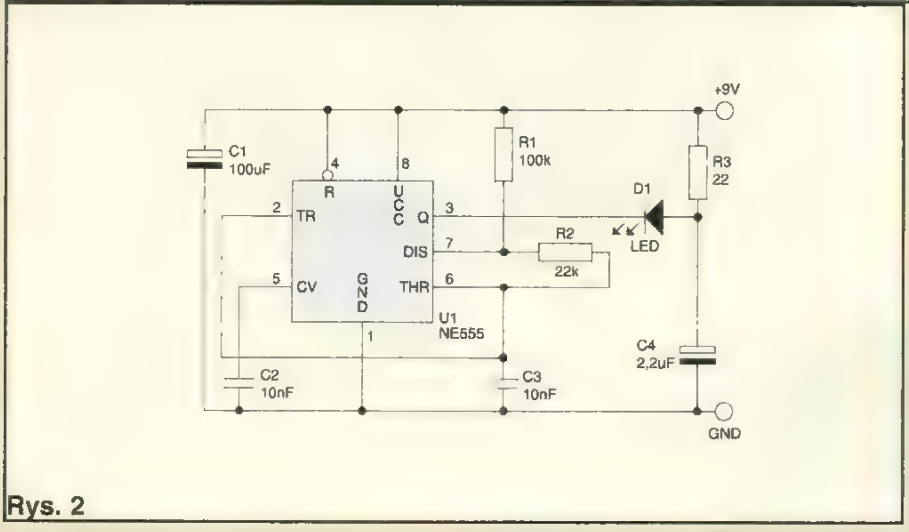
Jak to działa?

Urządzenie składa się z dwóch oddzielnych modułów: odbiornika **(rys. 1)** i nadajnika **(rys. 2)**. O ile schemat nadajnika nie wymaga chyba żadnego komentarza to układowi odbiornika musimy poświęcić chwilę uwagi. Podstawowym elementem czynnym odbiornika jest układ scalony typu LM386 - wzmacniacz wprawdzie małej, ale mocy. Co podyktowało tak nietypowe zastosowanie tego elementu? Otóż kostka ta spełnia w odbiorniku dwie funkcje. Pierwsza z nich jest oczywista: pracuje ona jako wzmacniacz napięciowy o wzmocnieniu regulowanym doborem rezystancji R1. Sygnał pobierany z kolektora fototranzystora T1 jest odpowiednio wzmacniany przez U1 i następnie poddawany detekcji u układzie z diodami D1 i D2. Jeżeli wiązka promieniowania docierająca do odbiornika zostanie przerwana, tranzystor T2 przestanie przewodzić i zostanie uruchomione urządzenie przez niego sterowane, np. centrala alarmowa.

Jak już wspomniano, urządzenie posiada bardzo duży zasięg, przekraczający 100 m. Przy większych odległościach regulacja wzajemnego położenia odbiornika i nadajnika przypomina sytuację kiedy to dwaj pojedynkujący się gentlemani nie chcąc zrobić sobie



Rys. 1



Rys. 2

krzywdy, starają się celować tak, aby kule zderzyły się w powietrzu. Dokonanie regulacji z pomocą jakiegokolwiek miernika jest w zasadzie niemożliwe, a w najlepszym przypadku wymagałoby prowadzenia dodatkowych przewodów długości kilkudziesięciu metrów. I tu właśnie dochodzimy do wyjaśnienia powodu zastosowania w odbiorniku końcówki mocy: po prostu podczas regulacji dołączamy do wyjść TEST odbiornika głośniczek o rezystancji 8Ω lub większej i regulacji dokonujemy "na słuch", kierując się największym natężeniem dźwięku.

Omówienia wymaga jeszcze cel zastosowania diody LED D3. Oświetla ona słabym światłem fototranzystor T1, ustawiając jego punkt pracy na maksymalną czułość.

Montaż i uruchomienie

Montaż elementów elektronicznych obydwóch części urządzenia jest trywialnie prosty i z pewnością nie sprawi nikomu kłopotu **(rys. 3)**. Podobnie ma się sprawa z uruchamianiem układów - zmontowane ze sprawdzonych elementów działają natychmiast poprawnie i na tym etapie pracy nie wymagają żadnej regulacji. Natomiast nieco uwagi musimy poświęcić obudowie, spełniającej w urządzeniu niesłychanie ważną rolę. Do wykonania obudowy i zarazem układu optycznego wykorzystano lupę produkcji PZO przeznaczoną dla filatelistów. Do dalszej konstrukcji wykorzystana zostanie zarówno sama lupa jak i pudełko, w które była zapakowana.

c.d. na str. 54

WYKAZ ELEMENTÓW
Nadajnik

1. Półprzewodniki
U1: NE555
D1: dioda nadawcza IRED

2. Kondensatory
C1: 100µF
C2: 10nF
C3: 10nF
C4: 2,2µF

3. Rezystory
R1: 100k
R2: 22k
R3: 22

WYKAZ ELEMENTÓW
Odbiornik

1. Półprzewodniki
U1: LM386
D1, D2: 1N4148 lub odpowiednik
D3: dowolna dioda LED
T1: BDYP22 lub odpowiednik
T2: BC547 lub odpowiednik

2. Kondensatory
C1, C3: 1µF
C4, C5, C9: 100µF
C6: 22µF
C7: 47nF
C8: 100nF
C10: 2,2µF

3. Rezystory
R1: 100 - dobrać w zależności od potrzebnego wzmocnienia
R2: 100
R3: 22k
R5, R4: 100k
R6: 56k
R7: 22
R8: 1k

Komplet podzespołów z płytką jest dostępny w sieci handlowej AVT, jako "kit szkolny" AVT-2044

Termostat do urządzeń elektronicznych

kit AVT-2042

Do czego to służy?

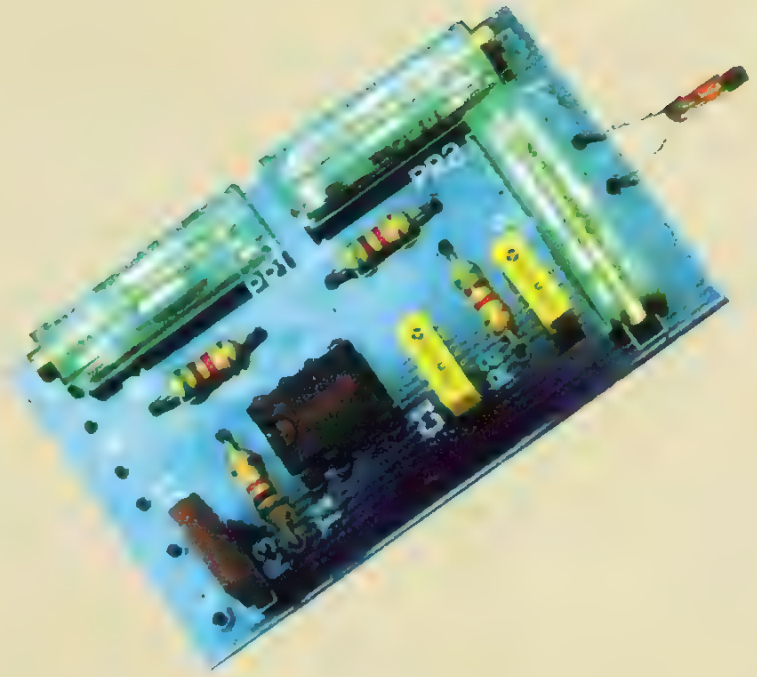
Opisane urządzenie jest aplikacją układu NE555. Okazuje się, że układ ten, zaprojektowany pierwotnie jako generator multimonostabilny, może znaleźć zastosowania o jakich z pewnością nie myśleli jego twórcy.

Urządzenie zostało zaprojektowane i sprawdzone w praktyce jako termostat utrzymujący stałą temperaturę wewnątrz obudowy układu elektronicznego (konkretnie, były to zestawy fotokomórek używane podczas zawodów narciarskich i zachodziła obawa, że podczas silnych mrozów odmówią one posłuszeństwa). Oczywiście, urządzenie to można zastosować w każdym przypadku kiedy potrzebna nam jest stabilizacja temperatury, ale jej wartości nie musimy często zmieniać. Układ może więc znakomicie pracować jako stabilizator temperatury wywoływacza w ciemni fotograficznej. Sprawdzoną w praktyce aplikacją tego urządzenia było też sterowanie ogrzewaniem lusterka samochodowego.

Właściwości / parametry

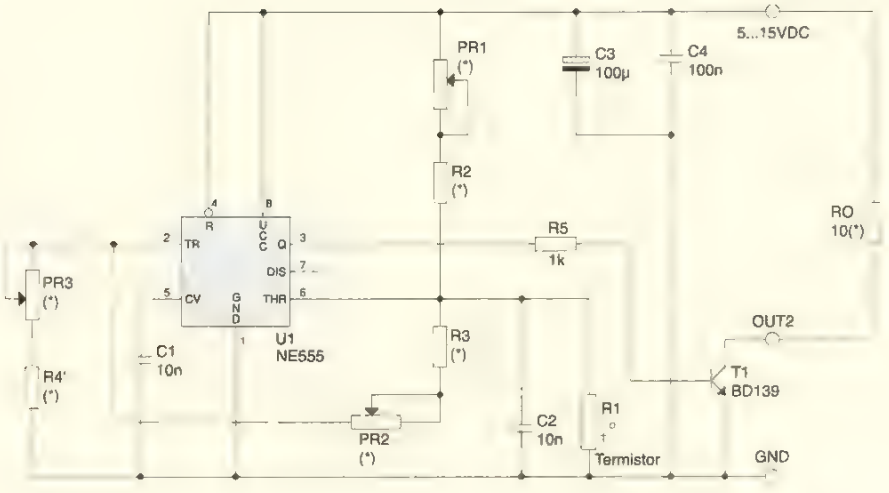
Zasilanie: 5...15VDC

Pobór prądu: ok. 20 mA (bez układu wykonawczego)

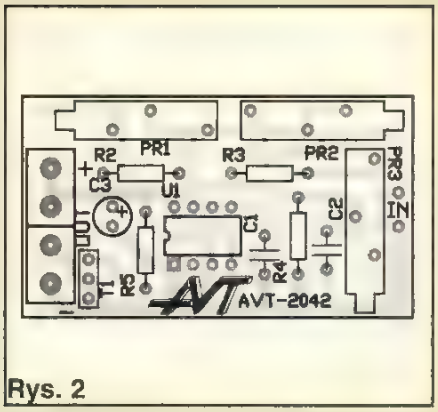


Jak to działa?

W urządzeniu został zastosowany układ scalony NE555, pracujący tym razem jako komparator napięcia (**rys. 1**). Zasada jego działania jest prosta: w momencie kiedy napięcie na wejściu TR spadnie poniżej 1/3 UCC na wyjściu 3 powstanie stan wysoki. Jeżeli na wejściu THR napięcie przekroczy 2/3 UCC wyjście układu z powrotem zostanie ustawione w stan niski. Jako czujnik pomiarowy zastosowano termistor. Za pomocą doboru wartości rezystorów R2, R3 i R4 ustawiamy punkty progowe przełączania układu. Rezystory nastawne zostały zastosowane aby ułatwić dokładne ustawienie żądanych temperatur. Tranzystor T1 pełni rolę elementu wykonawczego.



Rys. 1



Rys. 2

Montaż i uruchomienie

Urządzenie jest proste w montażu **(rys. 2)** i nie wymaga uruchamiania. Natomiast sprawa obliczenia wartości rezystorów R2, R3 i R4, oznaczonych na schemacie wyłącznie gwiazdkami, wymaga szerszego omówienia. Kolejność postępowania przy obliczaniu wartości tych rezystorów jest następująca:

1. Korzystając z termometru dobrej klasy i naczynia z wodą mierzymy rezystancję posiadanego termistora R1 dla temperatury, przy której urządzenie ma wyłączać grzejnik.

2. Obliczamy rezystancję R2 tak, aby przy zmierzonej uprzednio rezystancji R1 na wejściu THR wystąpiło napięcie równe 2/3 UCC. Wpływ oporności R3 i R4 na razie pomijamy.

3. Mierzymy rezystancję termistora R1 dla dolnej granicy temperatur, przy której urządzenie ma włączać grzejnik.

4. Sprawdzamy, jakie napięcie wytworzy się na wejściu THR przy drugiej wartości R1. Następnie obliczamy wartości R3 i R4 tak, aby na wejściu TR wytworzyło się napięcie równe 1/3 UCC.

5. Dla uproszczenia w obliczeniach pominęliśmy wartości trzech rezystorów nastawnych. Teraz dobieramy rzeczywiste wartości R2, R3 i R4 tak, aby ich wartość + połowa wartości zastosowanych PR-ków była mniej więcej równa obliczonym rezystancjom.

Otrzymaliśmy w ten sposób urządzenie o bardzo wielkiej precyzji zarówno przy ustawieniu dolnej jak i górnej granicy stabilizowanej temperatury. W wielu zastosowaniach, a między innymi w podstawowym: stabilizacji temperatury wewnątrz obudów urządzeń elektronicznych, tak wysoka dokładność nie jest w ogóle potrzebna. Tak więc w wielu wypadkach możemy w ogóle nie stosować rezystorów stałych R2...R4, ale zewrzeć zworkami ich pola lutownicze i korzystać wyłącznie z PR-ków. Taka właśnie wersja układu dostarczana jest pod postacią kitu.

Otwarta pozostaje jeszcze sprawa elementów wykonawczych - grzejników. Do termostatowania niezbyt wielkich obudów znakomicie nadają się zastosowane w roli grzejników rezystory wielkiej mocy i małej oporności. Najwygodniejsze w stosowaniu są rezystory - "cegiełki" w obudowie ceramicznej. Takie grzejniki możemy po prostu przykleić w wymaganych miejscach za pomocą kleju silikonowego. Oczywiście, dobór ich wartości zależy od wymaganej mocy grzania i napięcia zasilającego.

Zbigniew Raabe

WYKAZ ELEMENTÓW

1. Półprzewodniki

U1: NE555

T1: BD139 lub odpowiednik

2. Rezystory

R1: termistor NTC 22k

PR2...PR4: 47k lub wg. opisu

R5: 1k

3. Kondensatory

C1, C2: 10nF

C3: 100uF

C4: 100nF

Komplet podzespołów z płytką jest dostępny w sieci handlowej AVT, jako "kit szkolny" AVT-2042

c.d. ze str. 52

Kolejność czynności jest następująca:

1. Lupa wyposażona jest w trzy-nóżkową podstawkę z gwintowanym kołnierzem umożliwiającym precyzyjne ustawienie odległości od oglądanego obiektu. Po wykręceniu łupy z podstawki obcinamy jej nóżki jak najbliżej gwintowanego kołnierza. Czynność tą najlepiej wykonać przy pomocy piłki do metalu. Następnie otrzymany pierścień dokładnie wygładzamy pilnikiem, tak aby dał się później łatwo przykleić do obudowy.

2. W dnie większej części pudełka wycinamy centryczny, okrągły otwór o średnicy nieco większej niż wewnętrzna średnica gwintowanego pierścienia. Otwór ten najlepiej wyciąć przy pomocy piłki włośnicowej. Ponieważ podczas piłowania polistyren łatwo się topi, miejsce cięcia należy zwilżyć wodą. Otrzymany otwór wygładzamy pilnikiem.

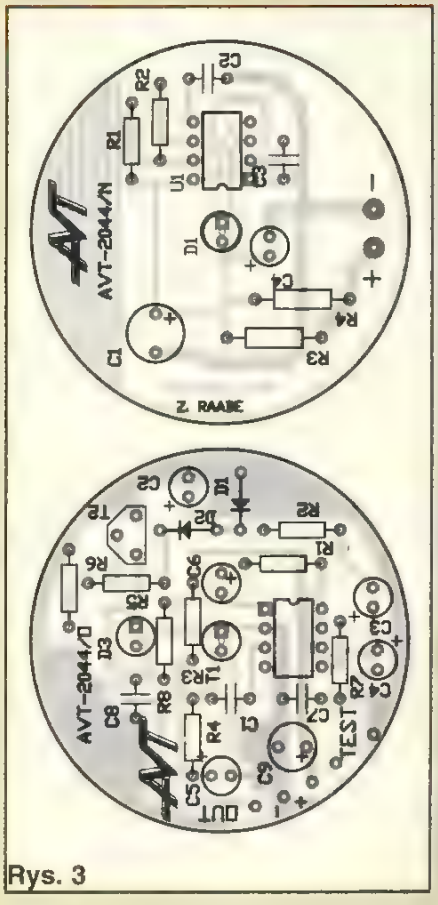
3. Przygotowany uprzednio pierścień przyklejamy w miejscu wykonanego otworu klejem do polistyrenu (do nabycia w każdym sklepie z artykułami dla modelarzy). Przestrzegam przed stosowaniem wszelkiego rodzaju klejów "uniwersalnych".

W wyniku naszej ciężkiej pracy otrzymaliśmy coś w rodzaju małego, okrągłego aparatu fotograficznego z możliwością precyzyjnego ustawiania ostrości. Oczywiście musimy wykonać dwa takie elementy.

Obudowę nadajnika mamy gotową, teraz poświęcimy nieco czasu obudowie odbiornika. W lupie znajdują się dwie soczewki umocowane przy pomocy pierścienia z polistyrenu. Pierścień ten odrywamy posługując się końcem noża lub małym śrubokrętem. Jeżeli nawet element ten pęknie nie musimy się tym przejmować, polistyren znakomicie się klei. Po oderwaniu pierścienia wyjmujemy jedną soczewkę i do środka obiektywu zakładamy filtr przepuszczający jedynie promieniowanie podczerwone. Jeżeli nie mamy takiego filtru wykonanego fabrycznie to możemy z łatwością go uzyskać z odcinka barwnego filmu odwracalnego, całkowicie prześwietlonego i wywołanego na negatyw. Następnie zakładamy soczewkę z powrotem i wklejamy pierścień mocujący.

Obudowę odbiornika musimy jeszcze pomalować grubą warstwą farby, tak aby nie przepuszczała ona światła.

Zbigniew Raabe



Rys. 3

Woltomierz do modułowego zestawu pomiarowego

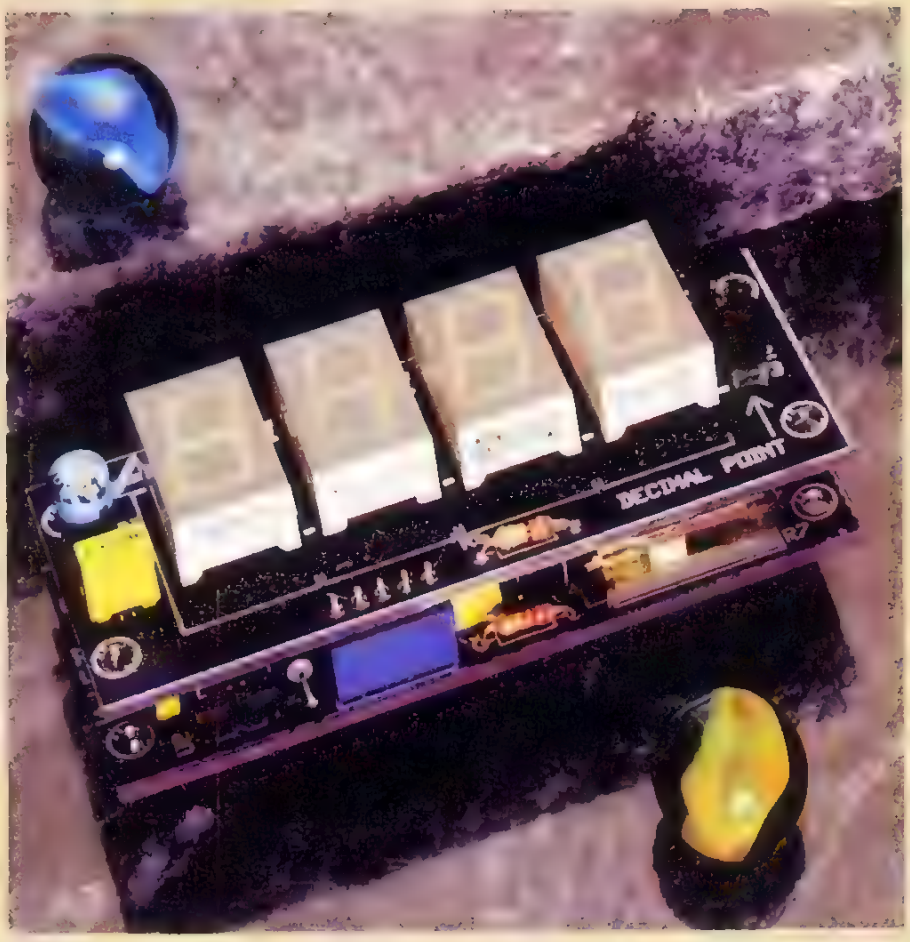
kit AVT-2004

Do czego to służy?

Układy pomiarowe mierzące wartości elektryczne są podstawowym elementem wyposażenia pracowni każdego elektronika. Proponowane urządzenie ma konstrukcję modułową, co oznacza, że wykorzystując zawsze dwa podstawowe moduły (moduł wyświetlacza i moduł przetwornika analogowo - cyfrowego) i dodając do nich jedynie trzeci moduł wejściowy możemy w łatwy sposób konstruować dowolne urządzenia pomiarowe. Przedstawiamy dwa moduły podstawowe, umożliwiające wykonanie miliwoltomierza o zakresie do 200mV lub do 2V. W opracowaniu znajdują się moduły miernika uniwersalnego, termometru, miernika ciśnienia, wilgotności i wiele innych. Korzystając z wersji zmontowanych i uruchomionych modułów będziemy mogli potrzebny nam przyrząd zmontować dosłownie w kilkanaście sekund bez konieczności lutowania (moduły łączone są za pomocą złączy szpilkowych). Nawet jednak w wersji podstawowej - woltomierza nasz zestaw pomiarowy jest urządzeniem w pełni funkcjonalnym.

Właściwości / parametry

Zakres pomiarowy +/-2V lub +/-200mV
Rezystancja wejściowa >10M ‘
Dokładność pomiaru +/- 1 na ostatniej pozycji
Wyświetlanie wyniku 3,5 cyfry, wygaszanie nieznaczących zer
Sygnalizacja przekrocz. zakresu “-1”
Cykl pomiarowy ok. 0,3 sek.
Zasilanie +5V
Pobór prądu ok. 200mA



Jak to działa?

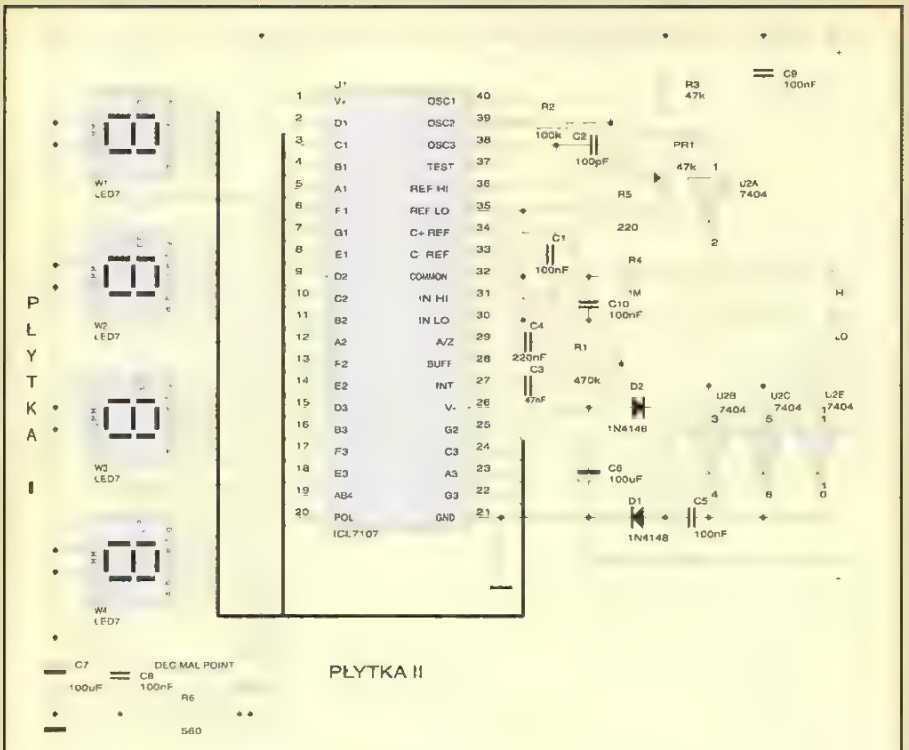
Jako podstawowy element urządzenia zastosowany został układ ICL7107 firmy INTERSIL. Jest to układ skonstruowany jeszcze pod koniec lat siedemdziesiątych i nic nie wskazuje, aby w najbliższych latach miano zaprzestać jego produkcji. ICL7107 jest bardzo wysokiej jakości przetwornikiem analogowo - cyfrowym o małym poborze mocy. Jeden układ scalony CMOS zawiera wszystkie niezbędne elementy aktywne: siedmiosegmentowe dekodery, sterowniki wyświetlacza, źródło napięcia odniesienia i zegar sterujący pracą układu. Układ może bezpośrednio sterować czterocyfrowym wyświetlaczem LED umożliwiając wyświetlenie 3,5 cyfry oraz znaku “-”. Przez pojęcie “3,5 cyfry” rozumiemy to, że na najbardziej znaczącej pozycji wyświetlacza może być wyświetlone tylko 0 lub 1. W wersji podstawowej układy ICL mogą pracować w dwóch zakresach: do 200mV i do 2V (a właściwie do 199,9 mV i 1,999V).

Schemat ideowy moduły przedstawiony został na **rysunku 1**. Już na pierwszy rzut oka można na tym schemacie wyodrębnić trzy podstawowe bloki: blok wyświetlaczy, układ ICL7107 wraz z niezbędnymi do jego funkcjonowania elementami i układ przetwornicy wytwarzającej napięcie ujemne względem masy zasilania.

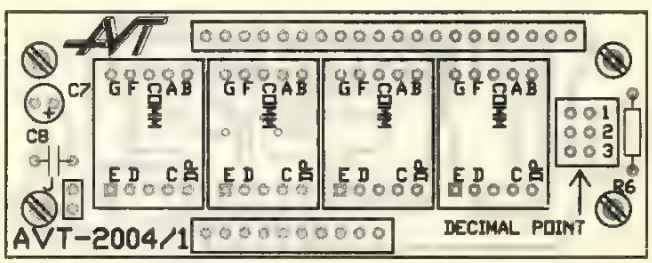
Układ wejściowy miliwoltomierza składa sie z rezystora R4 ograniczającego prąd wejściowy i kondensatora przeciwzakłóceniowego C10.

Spadek napięcia na R4 nie ma wpływu na dokładność pomiaru wobec prądu wejściowego przetwornika rzędu 1pA. Zadaniem kondensatora C1 jest zmniejszenie błędów niesymetrii charakterystyki przetwornika A/C. Elementy C3, C4 iR1 mają zasadnicze znaczenie dla poprawnej pracy przyrządu. Kondensator całkowania C3 musi mieć jak najmniejsze straty dialektryczne a rezystor R1 i kondensator “autozera” C4 są dobierane w zależności od potrzebnego zakresu pomiarowego. Fragment układu z R3, PR1, R5 dostarcza napięcia odniesienia właściwego dla danego zakresu pomiarowego.

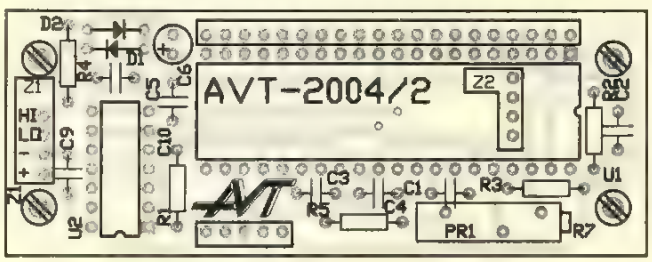
Wartość tego napięcia powinna zostać dokładnie ustawiona potencjometrem montażowym PR1 w trakcie uruchamiania przyrządu. Elementy C2 i R2 określają częstotliwość oscylatora wewnętrznego układu ICL7107. Wartości ich zostały tak dobrane, aby w trakcie pomiaru następowała kompensacja zakłóceń sieciowych. Wyjście oscylatora wewnętrznego zostało także wykorzystane jako źródło częstotliwości sterującej pracą prostej przetwornicy zbudowanej z inwerterów U2A, U2B, U2C i U2E. Przetwornica ta dostarcza napięcia ujemnego o wartości -3,3V, niezbędnego do prawidłowej pracy ICL7107.



Rys. 1



Rys. 2



Rys. 3

Montaż i uruchomienie

Montaż tak prostego urządzenia nie sprawi z pewnością kłopotu nawet początkującym elektronikom **(rys. 2, 3)**. Musimy jedynie przestrzegać kilku podstawowych zasad montażu urządzeń elektronicznych:

1. Rozpoczynamy prace od wlutowania elementów najmniejszych stopniowo przechodząc do montażu części o większych gabarytach.

2. Pod układy scalone i wyświetlacze montujemy podstawki. W przypadku układów scalonych jest to zasada, od której nie może być wyjątków. Powód tego jest oczywisty: nasze urządzenie montowane jest na płytce dwustronnej i gdyby układ scalony wlutowany bezpośrednio w płytkę uległ uszkodzeniu (zawsze może się to zdarzyć) to jego wylutowanie bez specjalnych przyrządów z całą pewnością skończyłoby się poważnym uszkodzeniem płytki.

Układ zmontowany ze sprawnych elementów nie wymaga żadnych czynności uruchomieniowych i po włożeniu kostek i wyświetlaczy i połączeniu ze sobą obu płytek działa natychmiast poprawnie. Jeżeli składamy urządzenie w wersji podstawowej (moduł miliwoltomierza) to musimy zewrzeć ze sobą dwa piny w złączu Z2 (jedyne, do których dochodzą ścieżki). W bardziej rozbudowanych wersjach urządzenia służą one do zasilania wyświetlaczy i umożliwiają regulację ich jasności świecenia. W każdym przypadku zwieramy za pomocą jumpera dwa piny oznaczone Z1 (znajdą one także zastosowanie w kolejnych zastosowaniach modułu wyświetlacza). Regulacja przyrządu sprowadza się do ustawienia za pomocą PR1 napięcia 100mV (dla wersji 200mV) lub 1V (dla wersji 2V) na wejściu REF HI (nóżka 36), a nastepnie na dokładnej kalibracji przez porównanie z napięciem wzorcowym.

W wersji podstawowej nasz moduł pracuje w zakresie do 200mV. Powód takiego wyboru jest oczywisty: w razie czego łatwiej szybko przerobić nasz woltomierz z zakresu 200mV na 2V (przez dodanie dzielnika napięcia) niż dokonać odwrotnej przeróbki. Zakres 2V możemy uzyskać przez wymianę rezystora R1 na 47k i kondensatora C3 na 470nF.

Zbigniew Raabe

WYKAZ ELEMENTÓW

1. Półprzewodniki

U1: ICL7107
U2: 74LS04 lub odpowiednik
D2, D1: 1N4148 lub odpowiednik
W1, W2, W3, W4: wyświetlacze LED wsp. anoda

2. Kondensatory.

C1, C5, C8, C9: 100nF
C2: 100pF
C3: 47nF
C4: 220nF
C7, C6: 100µF
C10: 100nF

3. Rezystory

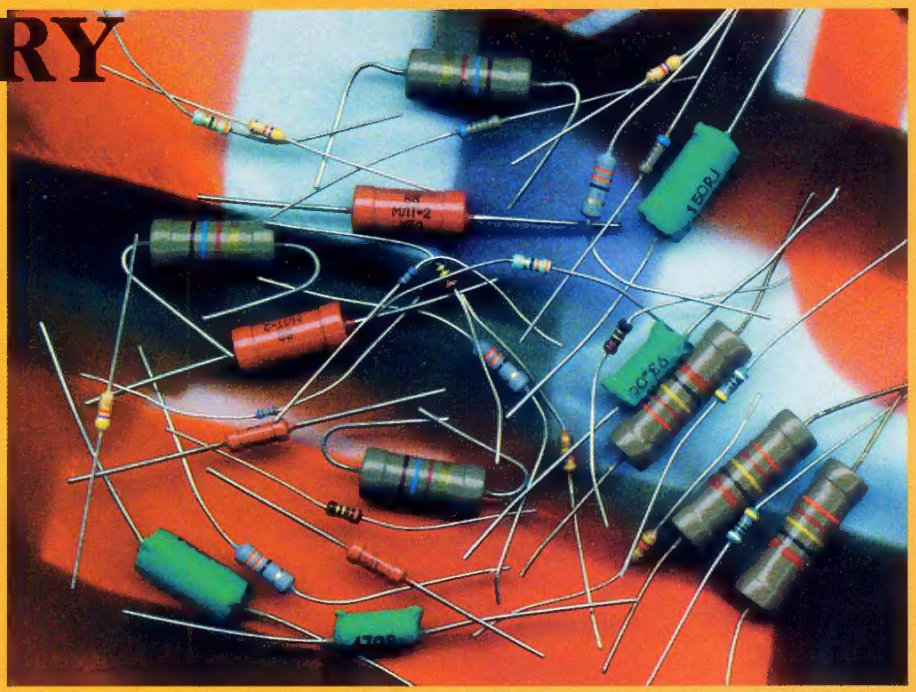
R1: 470k
R3: 47k
R2: 100k
R4: 1M
R5: 220
R6: 560
PR1: potencjometr montażowy wieloobrotowy 47k

4. Pozostałe

Złącza szpilkowe, podstawki, drobne elementy montażowe

Komplet podzespołów z płytką jest dostępny w sieci handlowej AVT, jako "kit szkolny" AVT-2004

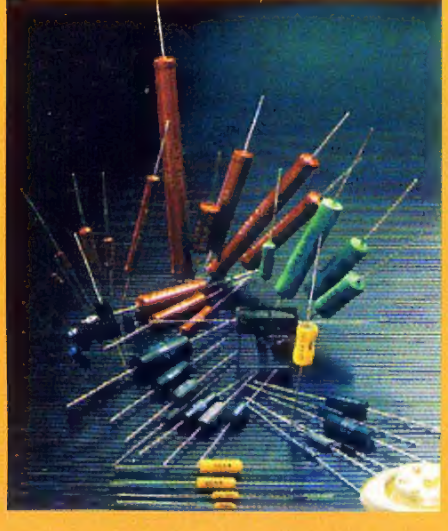
REZYSTORY część 1



Drogi Czytelniku!

Mam okazję niezwykłą. Nie mogę jej zmarnować. Redakcja EdW dała mi stałą rubrykę z przeznaczeniem na korespondencyjne lekcje elektroniki. Będę pisał listy do Was. Źle mówię. Będę pisał listy do każdego z Was. Wyobraź sobie Czytelniku, że jest to list pisany osobiście do Ciebie. Ja, Autor będę Twoim przewodnikiem. Myślę, że się zaprzyjaźnimy, dlatego nie będę zwracać się do ciebie oficjalnie (w poprzednim zdaniu ostatni raz napisałem Autor i Twoim z dużej litery). Jeśli jesteś młody i dopiero rozpoczynasz swą przygodę z elektroniką wiedz, że ten cykl jest specjalnie dla ciebie. Jeśli masz niegłupich kolegów, którzy jeszcze nie zetknęli się z praktyczną stroną elektroniki, powiedz im, że mają świetną szansę bezboleśnie zapoznać się z tą dziedziną. Czytając moje listy poznasz od strony praktycznej elementy elektroniczne, zbudujesz i zbadasz najważniejsze podstawowe układy, nauczysz się właściwie korzystać z danych katalogowych. A... zapomniałem powiedzieć: sporo przy tym zepsujesz.

A i ty, drogi czytelniku, któremu włosy się już przerzedziły, a żona i dzieci nie pozwalają zajmować się kochanymi "drucikami" wiedz, że nie zapomnnę o tobie. W czasach gdy dorastałeś, nie miałeś dostępu do upragnionych części, literatura była szczerze mówiąc uboga i często fatalnie napisana: te parę książek, często przepisywanych z wcześniejszych źródeł, schematy, które "chodziły" tylko na papierze... Potem wypadłeś trochę z głównego kursu i teraz zastanawiasz się czasem, czy oby nadążasz jeszcze za błyskawicznym postępem. A jeśli nawet uważasz, że nieźle sobie radzisz ze składaniem różnych układów, także nie lekceważ tego cyklu - co prawda niektóre fragmenty pominiesz z lekkim uśmieszkiem, ale na pewno znajdziesz smakowite "rodzynki", a ponadto uporządkujesz cały ten bałagan, jaki przez te lata nagromadził ci się w głowie.



Na początek bierzesz na warsztat ... nie może być inaczej - oczywiście, rezystory. W mądrych książkach naczytałeś się, że rezystory dzielą się na objętościowe (masowe), warstwowe, drutowe. Coś słyszałeś, że mogą być rezystory węglowe, albo węglowe kompozytowe, metalowe, metalizowane itd. To wszystko prawda, ale czy te wiadomości są ci potrzebne? Z pewnością nie wszystkie. Nie lekceważ jednak wszystkich jajogłowych specjalistów, pisarzy lubujących się w takich klasyfikacjach i uczonych grzebiących się w teorii. Wielu z nich rzeczywiście ma dobrze i gęsto poukładane pod sufitem; jednak większość ich wiedzy nie jest potrzebna tobie, praktykowi chcącemu budować użyteczne układy. Jeśli wejdziesz głęboko w elektronikę, docenisz i tych jajogłowych teoretyków, ale na razie przygotuj lutownicę, nóż monterski i mocne szczypce (choćby "kombinerki"). Przygotuj też wszystkie swoje oporniki (ściślej mówiąc - rezystory). Masz też już chyba miernik cyfrowy. Bez takiego miernika się nie obejdziesz; do zadań jakie ci będę proponował wystarczy nawet najtańszy multimetr za 30...40 złotych, ale jeśli cię stać, to kup droższy miernik jakiejś znanej firmy.

Jak wyglądają te twoje oporniki? Jeśli masz jakieś przedpotopowe duże rezystory oznaczone OWZ, to możesz je spokojnie wyrzucić do kosza. Jeśli natomiast znajdziesz rezystory typu AT, ML, czy RMG, nie wyrzucaj ich - mają one bardzo dobre parametry. Za chwilę zaczniesz coś robić, wcześniej zajrzyj jednak do ramek zawierających podstawowe, niezbędne informacje teoretyczne. W ramkach podam ci to, co KAŻDY ELEKTRONIK MUSI WIEDZIEĆ.

Chcę cię jeszcze zapytać, czy dokładnie rozumiesz sens mocy związanej z rezystancją? Nie będę cię odpytywał z fizyki, ale musisz pamiętać, że prąd elektryczny niesie pewną energię. Przy przepływie prądu przez rezystancję część tej energii zostaje wydzielona w postaci energii cieplnej. Czy to dobrze, czy źle?

Tylko w przypadku grzejników elektrycznych cieszymy się z zamiany energii elektrycznej na ciepło. W elektronice jest inaczej. Czy słyszałeś o pierwszych komputerach zbudowanych z wykorzystaniem tysięcy lamp elektronowych, pobierających (i jednocześnie wydzielających w postaci ciepła) tyle energii elektrycznej co średniej wielkości miasto? Dziś pierwszy lepszy kilkunastolatek ma na biurku komputer o nieporównywalnie większej mocy obliczeniowej i szerszych możliwościach, pobierający kilka watów mocy. Informacja nie niesie energii, ale do jej przetworzenia trzeba zużyć jakąś energię. I co najgorsze traci się ją w postaci ciepła.

Inny przykład: wzmacniacz klasy A w studiu melomana zużywa kilkaset watów energii elektrycznej. Tymczasem dla zaspokojenia wyrafinowanych potrzeb tego melomana potrzeba co najwyżej kilka, kilkadziesiąt miliwatów energii akustycznej trafiającej do jego ucha. Skąd taka rozrzutność i marnotrawstwo? Po prostu nie umiemy w inny sposób odtworzyć dźwięku o odpowiedniej jakości. Podobnie jest we wszystkich urządzeniach elektronicznych: nie umiemy zrealizować naszych celów bez zużywania energii, nie jest to zresztą do końca możliwe. Tak działają wszystkie funkcjonujące układy: żywe i martwe. W organizmach żywych ktoś zrealizował wspaniałe funkcje znikomym nakładem energii: nie wspominając już o ludzkim mózgu nadmieńmy, że węże i żmije mają "wbudowane" termometry rozróżniające temperatury rzędu 0,01°C, nietoperze mają superprecyzyjne sonary zużywające mikro-, czy miliwaty energii. Nasze opracowania długo jeszcze nie dorównają takim genialnym konstrukcjom, zapamiętajmy jednak raz na zawsze: energia cieplna wydzielająca się w urządzeniach elektronicznych to zło konieczne, które należy jak najbardziej minimalizować. Celem nie jest zużywanie energii elektrycznej, tylko zrealizowanie jakichś zadań. A w układach elektronicznych właśnie rezystancje odpowiedzialne są za większość strat cieplnych.

Jeśli w tym momencie powiesz, że nie jesteś skąpy i gotów jesteś zapłacić za całą tę zużytą energię, to nie rozumiesz zagadnienia do końca. Oprócz tego, że energia kosztuje weź pod uwagę, iż wydzielanie ciepła jest związane ze wzrostem temperatury. Tymczasem wiele istotnych parametrów

podzespołów elektronicznych zależy od temperatury. Jeśli zbagatelizujesz ten fakt, nigdy nie będziesz "rasowym" elektronikiem. W prostych amatorskich układach wpływ temperatury można prawie zawsze pominąć, ale jeśli chcesz zostać fachowcem i planujesz budowę bardziej złożonych, niezawodnych i precyzyjnych przyrządów o ściśle określonych parametrach, wiedz że pominięcie tego zagadnienia przysporzy ci wielu rozczarowań. Wcześniej czy później staniesz oko w oko z przedstawionym problemem. Dlatego już na początku sprawdź w praktyce co ci grozi. Wybierz więc ze swoich zbiorów po jednym rezystorze z różnych nominałów. Postaraj się znaleźć zarówno rezystory kilku, kilkunastoomowe, jak i te "największe" megaomowe.

Czy umiesz "rozszyfrować" wartość każdego rezystora, jaki wpadnie ci w rękę? Kolorowy kod paskowy cię przeraża? Masz z nim trochę kłopotów? Zanim przeczytasz dalsze linijki zajrzyj wcześniej do ramki zatytułowanej "Parametry rezystorów najważniejsze dla praktyka".

c.d. w EdW 2/96

Parametry rezystorów najważniejsze dla praktyka

Rezystancja nominalna - jest to rezystancja, jaką powinien mieć rezystor. Przyjęto standardowe wartości nominalne określane według szeregów E12...E192.

Tolerancja (klasa dokładności) - ponieważ ze względu na rozrzuty produkcyjne rezystory nie mają rezystancji dokładnie zgodnej z rezystancją znamionową, podaje się maksymalne dopuszczalne odchyłki. Wyraża się to w procentach wartości znamionowej.

Moc znamionowa - jest to największa dopuszczalna moc wydzielana na rezystorze przy pracy ciągłej przy temperaturze otoczenia mniejszej niż +70°C (dla niektórych typów +40°C).

Napięcie graniczne - maksymalne napięcie stałe (lub amplituda napięcia zmiennego), jakie może być dołączone do rezystora w sposób ciągły. (w praktyce parametr ten dotyczy tylko rezystorów o nominałach rzędu setek i tysięcy kiloomów).

Temperaturowy współczynnik rezystancji - oznaczany w krajowych źródłach TWR, lub z angielska TCR, określa zmiany rezystancji pod wpływem temperatury. Czym mniejsza wartość TCR, tym bardziej stabilny rezystor. Wartość TCR podaje się w %/K, ppm/K lub $10^{-6}K^{-1}$.

Współczynnik szumów - określa szumy wprowadzane przez rezystor. Ponieważ szumy zależą od przyłożonego napięcia stałego, wartość współczynnika szumów wyraża się zazwyczaj w µV/V.

Oprócz tego w katalogach można znaleźć szereg innych parametrów: moc kategorii, napięcie izolacji lub rezystancję izolacji, rezystancję krytyczną, napięciowy współczynnik rezystancji, rezystancję temiczną, współczynniki niezawodności, współczynnik nieliniowości, współczynnik stabilności długoczasowej, dopuszczalne zmiany rezystancji po próbach termicznych, klimatycznych itp.

Parametry te zostaną szczegółowo omówione w cyklu Notatnika Praktyka w siostrzanym czasopiśmie Elektronika Praktyczna.

ABC

Niektóre materiały, na przykład metale, węgiel (sadza, grafit) przewodzą prąd elektryczny - jedne lepiej drugie gorzej. Tylko tzw. nadprzewodniki idealnie przewodzą prąd elektryczny. Kawałek drutu, wałek grafitowy stwarzają przepływającemu prądowi pewien opór - mówimy, że mają one jakąś rezystancję. W artykule terminy rezystancja i opór używane są wymiennie, choć nie jest to do końca ścisłe.

A co to jest rezystor? To najpopularniejszy element elektroniczny, zwykle zbudowany w postaci wałeczka z dwoma wyprowadzeniami osiowymi; w układzie służący najczęściej do ograniczenia prądu lub uzyskania wymaganych napięć.

Najważniejszym parametrem rezystora jest, jak by nie było, rezystancja, oznaczana literą R. Jest to w uproszczeniu zdolność do przeciwstawiania się przepływowi prądu. Bardzo dobrą analogią jest tu... rura wodociągowa. Ciśnienie wody odpowiada napięciu elektrycznemu (oznaczenie U), przepływ wody to natężenie prądu (I), potocznie zwane po prostu prądem. Gruba rura o dużym przekroju stawia przepływającej wodzie niewielki opór. Cieniutka rurka o małym przekroju stawia oczywiście znaczny opór. Również zawór hydrauliczny lub zwykły kran wodociągowy jest odpowiednikiem naszej rezystancji, i to nawet zmiennej. Jeśli ciśnienie w instalacji (napięcie zasilające obwód) jest stałe, to przepływ wody (prądu) zależy od oporu (rezystancji). Przykład ten znakomicie ilustruje słynne prawo Ohma głoszące, że prąd w obwodzie jest wprost proporcjonalny do przyłożonego napięcia,a odwrotnie proporcjonalny do rezystancji (oporu). Zgadza się to z intuicją, potwierdza także analogia hydrauliczna: czym większe ciśnienie tym więcej wody przepływa przez odkręcony kran, czym większy opór - tym mniej wody.

Prawo Ohma i związane z tym trzy wzory należy zrozumieć i pamiętać o każdej porze dnia i nocy. Dla wspomożenia pamięci rysuje się trójkąt ułatwiający zapamiętanie trzech fundamentalnych zależności wynikających z prawa Ohma:

(1) $I = U / R$

(2) $R = U / I$

(3) $U = I * R$

Trójkąt ten wygląda następująco:

U

I R

Na cześć pana Ohma jego imieniem nazwano jednostkę rezystancji (Ω to jakby V / A, wolt podzielony przez amper). Dany element ma opór jednego oma jeśli napięcie jednego wolta wywołuje w nim przepływ prądu o wartości jednego ampera.

Ponieważ 1Ω to mała rezystancja, w elektronice powszechnie używa się jednostek będących wielokrotnościami oma:

$1k\Omega = 1000\Omega = 10^3\Omega$

$1M\Omega = 1000k\Omega = 1000000\Omega = 10^6\Omega$

$1G\Omega = 1000M\Omega = 1000000k\Omega = 10^9\Omega$

Analogia hydrauliczna prowadzi do wniosku, że taki sam opór możemy uzyskać stosując krótką rurkę o małym przekroju, jak też długą rurę o przekroju znacznie większym. Jest to prawda, w elektronice jest podobnie. Rozumowanie to prowadzi do kolejnego wzoru potrzebnego często w praktyce do obliczenia rezystancji danego odcinka przewodu:

(4) $R = (\rho * l) / S$

gdzie l - długość przewodu, S - pole przekroju, ρ - stała charakterystyczna dla danego materiału zwana rezystywnością.

Elektronik stosuje przewody miedziane; jeśli długość podana jest w metrach, pole przekroju w mm^2, to dla Cup = $0{,}017\Omega mm^2/m$.

Analogia hydrauliczna pomaga też zrozumieć co się dzieje przy łączeniu oporów szeregowo lub równolegle. Przy połączeniu szeregowym rezystancje po prostu się dodają:

(5) $R = R1 + R2 + ...$

Przy połączeniu równoległym wypadkowy opór jest na pewno mniejszy od najmniejszego oporu składowego. Niestety nie jest to zależność aż tak prosta jak poprzednio:

(6) $R = 1 / (1/R1 + 1/R2 + 1/R3 + ...)$

Dla dwóch rezystorów wypadkową rezystancję oblicza się w praktyce ze wzoru:

(7) $R = R1*R2 / (R1+R2)$

Nie będę cię męczył omawianiem przewodności, która jest odwrotnością rezystancji - jednostkę przewodności na cześć pana Siemensa nazwano simens, ma ona wymiar odwrotności oma, czyli A / V. Pojęcie przewodności jest bardzo rzadko używane w praktyce amatorskiej. Jedynie w katalogach tranzystorów polowych i niektórych wzmacniaczy napotkasz parametr mający wymiar A / V lub mA/V.

I tu podam ci ciekawostkę:

Elektronicy to jednak naród wesołków i dowcipnisiów. Nie zdziw się więc, gdy w jakimś poważnym, opasłym katalogu napotkasz na przykład taki parametr: 3,2mmho (lub 5,5mMHO). Toż to nic innego jak "odwrotność" OHMa - 3,2mmho to to samo co 3,2mA/V czyli 3,2mS (milisimensa).

Podczas przepływu prądu przez opór wydziela się pewna moc strat w postaci ciepła. Moc ta zależy zarówno od napięcia, jak i prądu według zależności:

(8) $P = U * I$

W praktyce często potrzebne są wzory pochodne:

(9) $P = I^2 * R$

(10) $P = U^2 / R$

(11) $U = (P / R)^{1/2}$

(12) $R = U^2 / P$

itd...

Historia elektroniki część 1

Niepostrzeżenie elektronika całkowicie opanowała nasze codzienne życie. Wystarczy chwila namysłu aby sobie uprzytomnić, że przecież niemal każdy z nas ma na ręku elektroniczny zegarek, codziennie słucha radia i co wieczór siada przed telewizorem. Nie mało z nas dysponuje elektronicznym aparatem telefonicznym, jego samochód jest wyposażony w silnik z elektronicznym zapłonem, a do pracy używa komputera. Łatwo więc sobie wyobrazić, że zapewne niedługo większość pralek, lodówek, odkurzaczy i żelazek do prasowania będzie sterowanych mikroprocesorami. Świat po przejściu rewolucji przemysłowej przechodzi rewolucję elektroniczną i ściśle z nią związaną rewolucję informatyczną. No i wszystko wskazuje na to, że wkrótce nie będzie można się obyć bez oplatającego cały świat Internetu. Trudno doprawdy przecenić wpływ elektroniki na współczesne społeczeństwo.

Historia jej powstawania jest fascynująca. Ludzie, którzy tworzyli jej podwaliny, opanowani nienasyconą ciekawością odkrywców, po prostu starali się wytłumaczyć obserwowane zjawiska przyrodnicze. Jakże byliby zdumieni, gdyby mogli zobaczyć do czego doprowadziły ich odkrycia!

Alessandro Volta

Początki

Cała współczesna elektronika opiera się na kilku podstawowych prawach fizyki. Pierwsze odkrycia skutków ich działania zaczęły się już w starożytności od spotkań ze zjawiskami magnetyzmu i elektryczności statycznej. Tales z Miletu, a potem Chińczycy, zaobserwowali magnetyczne własności tlenku żelaza, magnetytu. Wynalazek kompasu, pierwszego instrumentu nawigacyjnego, przypisuje się Chińczykom. Przywędrował on prawdopodobnie do Europy na statkach egipskich i greckich żeglarzy.

Siły elektrostatycznego przyciągania, jakimi charakteryzował się potarty bursztyn i które tak wpływały na jego handlową wartość, fascynowały ludzi od wieków. Od jego greckiej nazwy, elektron, wzięła zresztą imię elektronika. Trzeba było jednak wielu setek lat, aby pojawiły się dalsze odkrycia.

Pierwsze świadome doświadczenia

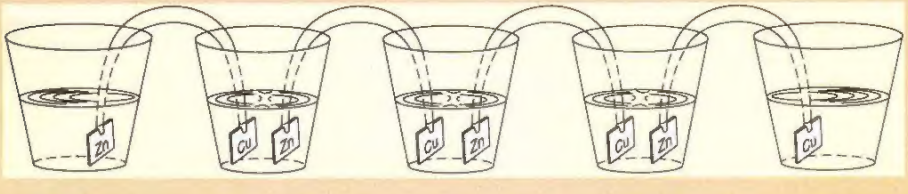
Z końcem szesnastego wieku nadworny lekarz angielskiej królowej Elżbiety I, Wiliam Gilbert, przeprowadził wiele doświadczeń z dziedziny magnetyzmu i elektryczności statycznej. Odkrył on zjawisko odpychania elektrostatycznego i pierwszy sformułował pogląd o magnetyzmie ziemskim.

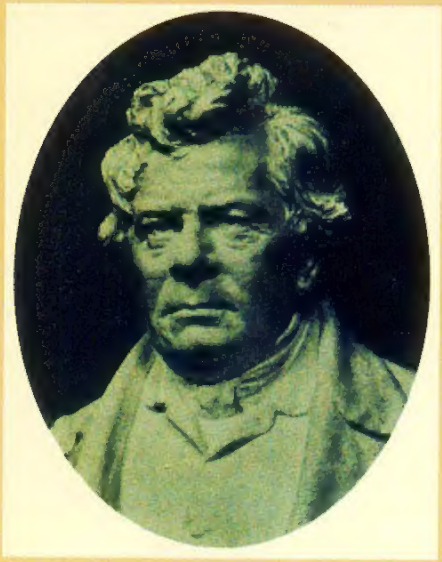
W drugiej połowie siedemnastego wieku Niemiec Otto von Guericke skonstruował maszynę elektrostatyczną, w której obracana korbką siarkowa kula pocierana o rękę wytwarzała iskry. Można ją nazwać pierwszym generatorem elektryczności.

Butelka Lejdejska

Niecałe sto lat później fizyk holenderski Pieter van Musschenbroek, pracujący na uniwersytecie w Lejdzie, w roku 1745 wynalazł sposób przechowywania ładunku elektrycznego, czyli pierwszy kondensator. Okrągłe szklane naczynie, owinięte folią metalową i zawierające wodę, naładowane za pomocą maszyny elektrostatycznej po ustaniu elektryzacji zachowywało ładunek. Od nazwy miasta naczynie nazwano butelką lejdejską. Tego samego wynalazku dokonał równocześnie niemiecki fizyk Ewald Georg von Kleist, bardziej znany z wynalazku tzw. półkul magdeburskich. Co ciekawe, odkrycie to zostało dokonane w Kamieniu Pomorskim (po niemiecku Cammin) nad Dziwną. Niewiele brakowało, aby słynna butelka była nazywana kamieńską.

Doświadczenia prowadzące do powyższych odkryć umożliwił działający kilkadziesiąt lat wcześniej odkrywca indukcji elektrostatycznej, Anglik Stephen Gray, który kontynuując prace Wiliama Gilberta wprowadził rozróżnienie przewodników elektryczności i izolatorów (chociaż tych nazw wtedy jeszcze nie używano).





Georg Ohm

Doświadczenia z piorunami

Do dalszego rozwoju wiedzy o elektryczności przyczynił się wybitny amerykański mąż stanu, jeden z twórców niepodległości Stanów Zjednoczonych, Benjamin Franklin. Jednym z rozlicznych zainteresowań tego wielce utalentowanego człowieka były badania nad elektrycznością atmosferyczną. Wprowadził on pojęcie elektryczności dodatniej i ujemnej, potrafił ładować butelkę lejdejską wyładowaniami atmosferycznymi i wynalazł piorunochron. Do swoich badań używał również latawca na drucie. Miał w tym więcej szczęścia od Szweda, profesora Richmanna, który zginął w St Peterburgu podczas wykonywania takiego doświadczenia.

Inna elektryczność

Prawie do końca osiemnastego wieku znano tylko elektryczność statyczną. Włoski lekarz Luigi Galvani, profesor anatomii i ginekologii na uniwersytecie w Bolonii, prowadził badania nad ruchem mięśni i skojarzył ich pobudzanie z elektrycznością i atmosferyczną i pochodzącą z maszyny elektrostatycznej. Później przeprowadził słynne doświadczenie z pobudzaniem wypreparowanego mięśnia żaby za pomocą dwóch przedmiotów z odmiennych metali, zwartych od drugiej strony. Początkowo błędnie je tłumaczył występowaniem w mięśniu innej elektryczności, tzw. elektryczności zwierzęcej.

Pierwsze ogniwa

Twierdzenie Galvaniego było gołosłowne. Dowiódł tego niedługo potem współczesny mu profesor fizyki na uniwersytecie w Padwie, Alessandro Volta. Wykazał mianowicie, że mięsień żaby można pobudzić za pomocą dwóch elektrod z różnych metali, zanurzonych w elektrolicie. Opierając się na tej obserwacji w roku 1800 zbudował tzw. stos Volty, złożony z szeregu srebrnych i cynkowych elektrod, oddzielonych nasiąkniętymi wodą morską krążkami z tektury. Najlepsze jego ogniwo składało się z zanurzonych w solance elektrod z miedzi i cynku. Wykazał, że łączenie ich w szereg pozwala dowolnie powiększać napięcie.

Stos Volty dostarczał prądu stałego w odróżnieniu od impulsowych wyładowań elektryczności statycznej.

Wynalazek ten został szybko doceniony i wiadomości o nim rozeszły się szeroko. Volta został obsypany honorami, a za swój wkład do nauki hojnie wynagrodzony przez cesarza Napoleona.

W ślad za Voltą inni badacze zaczęli eksperymentować z ogniwami. John Frederic Daniell, profesor chemii King's College w Londynie, opracował stabilne ogniwo miedziowo-cynkowe o napięciu 1,08V, w którym elektrody były zanurzone w oddzielonych porowatą przegrodą, osobnych roztworach siarczanowych.

W roku 1877 powstało doskonałe ogniwo, stworzone przez francuskiego chemika Georges'a Leclanché. Składało się ono z węglowej elektrody dodatniej, otoczonej dwutlenkiem manganu wymieszanym z grafitem, umieszczonej w paście z wodnym roztworem chlorku amonowego, i ujemnej cynkowej. Ogniwo to, w udoskonalonej technologicznie formie, przez ponad sto lat było powszechnie używanym, podstawowym, nieodnawialnym, źródłem energii elektrycznej.

Elektryczność i magnetyzm

Pomimo tych odkryć istota elektryczności pozostawała nieznana. Wśród ludzi wykształconych mnożyły się różne pomysły. Sądzono wówczas, że elektryczność i magnetyzm to całkowicie różne dziedziny, chociaż spostrzegano pewne podobieństwa, jak to na przykład, że oba zjawiska wykazywały biegunowość. Nikt jednak nie potrafił ich powiązać, dopóki nie odkrył tego Duńczyk Oersted.

Hans Christian Oersted, profesor fizyki uniwersytetu w Kopenhadze, zaobserwował przypadkowo odchylanie się igły magnetycznej pod wpływem przepływającego pobliskim przewodem prądu elektrycznego. Odchylenie to było bardzo małe, toteż początkowo nie zdając sobie sprawy z doniosłości odkrycia, zupełnie je zbagatelizował. Powrócił do niego na szczęście później w roku 1820 aby stwierdzić, że na odchylenie igły wpływa nie potencjał elektryczny, tylko natężenie przepływającego prądu. Dalsze doświadczenia wykazały, że prąd wytwarza pole magnetyczne, które oddziaływuje jedynie na materiały magnetyczne, że przenika przez wiele materiałów i że wszystko wskazuje na to, że nie jest to inny rodzaj magnetyzmu niż znany dotychczas.

Wieści o odkryciu Oersteda szybko rozeszły się w Europie. Zaczęto doceniać znaczenie elektryczności i formułować wiele praktycznych postulatów jej wykorzystania. Wielu badaczy podążyło śladami odkryć Oersteda.

Jednym z nich był Francuz André Marie Ampčre, profesor fizyki i chemii w Bourg, w Lionie, a potem w École Polytechnique i w École Normale w Paryżu. Szybko podjął on doświadczenia Oersteda i uwieńczył je opublikowaniem w 1826 teorii zjawisk elektrodynamicznych, która w sposób decydujący zaważyła na dalszym rozwoju tej gałęzi wiedzy. Ampčre określił zależność pomiędzy kierunkiem przepływającego prądu a kierunkiem wytwarzanego przezeń pola magnetycznego i sformułował hipotezę o istocie magnetyzmu, według której magnetyczne działanie materii jest rezultatem występowania molekularnych prądów kołowych, wytwarzających pole magnetyczne. W rezultacie jego pracy nie tylko powstał matematyczny opis zjawisk elektromagnetycznych, ale również przyrząd do pomiaru prądu elektrycznego, nazwany przez Ampčre'a na cześć Galvaniego galwanometrem. Twórca sugerował jego użycie do przesyłania sygnałów na odległość, ale ta pierwsza idea telegrafii musiała jeszcze czekać na realizację wiele lat.

Prawo Ohma

Zdawano sobie wówczas sprawę ze zróżnicowania potencjałów i natężeń prądu, nikt jednak nie potrafił powiązać ich ze sobą. Niemiecki fizyk, Georg Simon Ohm, nauczyciel fizyki w Kolonii, później profesor politechniki w Norymberdze i uniwersytetu w Monachium, zaczął eksperymentować nad zależnością napięcia na przewodniku od pola magnetycznego przepływającego przezeń prądu i stwierdził osłabianie tego pola, gdy stosowany przewodnik zastępował "gorszym". Zależność, jaką początkowo otrzymał, była skomplikowana na skutek nie uwzględnienia oporności wewnętrznej ogniw, którymi się posługiwał. Dopiero w roku 1827 Ohm zdołał poprawnie sformułować swoje słynne prawo, które stało się fundamentem elektrotechniki. Pomogło mu w tym zastosowanie ogniw, odkrytych przez niemieckiego fizyka Thomasa Johanna Seebecka, zwanych dziś termoelektrycznymi. Znaczenie prawa Ohma zostało jednak w pełni docenione dopiero później, przez wykorzystujących je w swoich pracach badaczy.

kp

c.d. w EdW 2/96